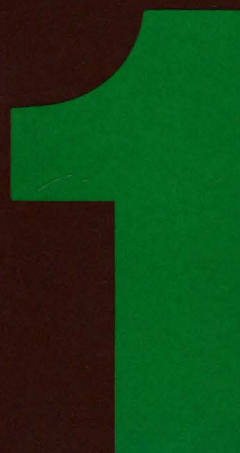


Jahrbuch Agrartechnik



Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. H. J. Matthies, Dr. agr. F. Meier



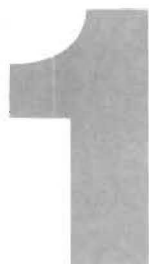
Jahrbuch Agrartechnik

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. H. J. Matthies, Dr. agr. F. Meier

veröffentlicht
in Zusammenarbeit
von

VDI-Fachgruppe Landtechnik,
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft (KTBL),
Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG)
und Landmaschinen- und Ackerschlepper-
Vereinigung (LAV) im VDMA



Copyright
1988 by Maschinenbau-Verlag GmbH
Lyoner Straße 18
6000 Frankfurt 71

Bestell-Nr. 680288
ISBN 3-8163-0194-0

Gestaltung:
Ruth & Helmut Dornauf, Frankfurt

Satz und Druck:
Eggebrecht-Presse KG, Mainz

Vorwort

In den Jahren von 1956 bis 1969 wurden von Prof. Dr.-Ing. Georg Segler in der VDI-Fachzeitschrift „Jahresübersichten“ für das Gebiet der Landtechnik veröffentlicht, die die laufende Entwicklung jährlich in übersichtlicher Kurzform zusammenfaßten. Auf Vorschlag des Unterzeichnenden beschlossen die im Arbeitskreis Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG) zusammenwirkenden Professoren der Landtechnik, diese Jahresübersichten in erweiterter Form fortzuschreiben und sie in Zukunft – gegliedert in die von ihnen jeweils bearbeiteten Teilgebiete – gemeinsam zu veröffentlichen. Die Veröffentlichung sollte ursprünglich im Rahmen einer Zeitschrift als Sonderheft erfolgen. Auf Anregung von Dr. Friedhelm Meier, dem Geschäftsführer der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV), wurde jedoch beschlossen, die Jahresübersichten jeweils in Form einer periodisch erscheinenden Broschüre zu veröffentlichen.

Das vorliegende „Jahrbuch Agrartechnik 1988“ stellt eine Gemeinschaftsarbeit dar, an der die vier in der Bundesrepublik Deutschland wirkenden agrartechnischen Vereinigungen, die VDI-Fachgruppe Landtechnik, die Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG), die Landmaschinen- und

Ackerschlepper-Vereinigung (LAV) und das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), beteiligt sind. Es ist als Jahresgabe für die Mitglieder dieser Vereinigungen gedacht, und es wurde mit dem Ziel erstellt, die rasante Entwicklung der Agrartechnik periodisch zu beschreiben, um sie nicht nur dem heutigen Leser rückwirkend und zusammenfassend darzustellen, sondern auch, um den Lesern aus Industrie, Landwirtschaft und Wissenschaft in späteren Jahren Auskunft über die Entwicklungslinien vergangener Jahre zu geben.

Ich danke allen beteiligten Fachkollegen für ihre Bereitschaft, sich an diesem Werk zu beteiligen und für die Mühen, die sie mit der Erstellung der Beiträge auf sich nahmen. Mein besonderer Dank gilt der LAV und Herrn Dr. Meier für die engagierte Unterstützung dieses Vorhabens und für die Bereitschaft, die Kosten und die drucktechnische Abwicklung zu übernehmen.

Möge es gelingen, die Jahrbücher in den kommenden Jahren weiter zu verbessern und auszubauen und sie künftig zum nützlichen Nachschlagewerk und auch zu einem Beitrag für die Fortschreibung der Geschichte der Agrartechnik zu entwickeln.

Prof. Dr.-Ing. H. J. Matthies

Geleitwort

Mit dem erstmalig vorgelegten „Jahrbuch Agrartechnik 1988“ sollen die seinerzeit von Prof. Dr.-Ing. Georg Segler zusammengestellten Jahresübersichten Landtechnik wieder aufgenommen und fortgesetzt werden.

Gerade in der heutigen Zeit, in der auch der Bereich der Agrartechnik sich immer weiter und feiner gliedert, ist ein jährlich gegebener, zusammenfassender Überblick über das Gesamtgebiet der Agrartechnik notwendiger denn je.

Die LAV hat deshalb spontan ihre Bereitschaft und Hilfe zugesagt, als Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies den Beschluß des „MEG-Arbeitskreises Forschung und Lehre“ unterbreitete, eine solche Zusammenstellung über die Agrartechnik wieder zu beginnen.

Außerordentlich wichtig erscheint dabei, daß mit diesem Jahrbuch die in den vergangenen Jahren deutlich gewordene engere Zusammenarbeit der vier in der Bundesrepublik wirkenden agrartechnischen Vereinigungen nun auch durch eine solche Gemeinschaftsarbeit dokumentiert wird.

Die LAV möchte im Namen der vier Organisationen allen Autoren für ihre Mitwirkung danken, insbesondere aber Herrn Professor Matthies für seine Initiative und für die mühselige Arbeit des Zusammentragens und Zusammenführens der vielen Beiträge.

Ich hoffe und wünsche wie Professor Matthies, daß dieses Jahrbuch Agrartechnik eine gute Übersicht über die landtechnische Entwicklung gibt und zur Dokumentation der wissenschaftlichen Arbeit in der Bundesrepublik wird.

Dr. Friedhelm Meier

Inhaltsübersicht

	Seite		Seite
Verfasserverzeichnis	11	9. Halmfutterernte	81
1. Allgemeine Entwicklung	13	9.1 Halmfutterkonservierung und Halmfutteraufbereitung	81
1.1 Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen	13	9.2 Halmfutterbergung	83
1.2 Die wirtschaftliche Situation der Landmaschinen- und Traktorenindustrie .	18	9.3 Halmfuttermähen und Halmfutterwerbung	87
1.3 Technische Regelwerke	21	10. Körnerfruchternte	91
1.4 Normung bei Landmaschinen und Traktoren	25	10.1 Mähdrescher	91
1.5 Umwelttechnik.	28	10.2 Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten	95
2. Traktoren	31	10.3 Körnertrocknung.	97
2.1 Gesamtentwicklung	31	11. Hackfruchternte	99
2.2 Motor und Getriebe	34	11.1 Kartoffelernte	99
2.3 Reifen – Reifen/Boden-Verhalten.	36	11.2 Zuckerrübenernte	103
2.4 Schlepperhydraulik	38	12. Sonderkulturenernte	105
2.5 Fahrerplatz – Fahrsicherheit – Fahrdynamik.	42	13. Landwirtschaftliches Bauen	109
3. Transport- und Fördermittel	47	14. Technik in der Rindviehhaltung	113
4. Bodenbearbeitung	49	15. Technik in der Schweinehaltung	119
4.1 Gesamtentwicklung	49	16. Energietechnik (alternative Energien) .	123
4.2 Geräte.	51	17. Agrartechnik in den Tropen und Subtropen.	127
5. Bestellung und Saat	57	18. Kommunaltechnik	131
6. Pflanzenschutz und Pflanzenpflege	61	19. Landmaschinenprüfung	135
6.1 Pflanzenschutz und Pflanzenpflege in Feldkulturen	61	20. Arbeitswissenschaft	139
6.2 Pflanzenschutz und Pflanzenpflege in Intensivkulturen	66	Literaturverzeichnis	143
7. Düngung	71		
8. Bewässerung und Beregnung	77		

Verfasserverzeichnis

Vorwort

Prof. Dr.-Ing. H. J. Matthies
Institut für Landmaschinen, TU Braunschweig
Langer Kamp 19a, 3300 Braunschweig

Geleitwort

Dr. agr. F. Meier
Landmaschinen- und Ackerschlepper-
Vereinigung (LAV)
Lyoner Straße 18, 6000 Frankfurt 71

1.1

Prof. Dr. agr. H. Schön und Dipl.-Ing. agr. G. Olfe
Institut für Betriebstechnik,
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Bundesallee 50, 3300 Braunschweig

1.2

Dipl.-Volksw. G. Gauch
Landmaschinen- und Ackerschlepper-
Vereinigung (LAV)
Lyoner Straße 18, 6000 Frankfurt 71

1.3

Dipl.-Ing. G. Berntsen
Landmaschinen- und Ackerschlepper-
Vereinigung (LAV)
Lyoner Straße 18, 6000 Frankfurt 71

1.4

W. Plate
Landmaschinen- und Ackerschlepper-
Vereinigung (LAV)
Lyoner Straße 18, 6000 Frankfurt 71

1.5

Prof. Dr.-Ing. W. Baader
Institut für Technologie,
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Bundesallee 50, 3300 Braunschweig

2.1

Prof. Dr.-Ing. K. Th. Renius
Institut für Landmaschinen, TU München
Arcisstraße 21, 8000 München 2

2.2

Prof. Dr.-Ing. K. Th. Renius
s. Abschnitt 2.1

2.3

Dr.-Ing. H. Schwanghart
Institut für Landmaschinen, TU München
Arcisstraße 21, 8000 München 2

2.4

Dipl.-Ing. T. van Hamme
Institut für Landmaschinen, TU Braunschweig
Langer Kamp 19a, 3300 Braunschweig

2.5

Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich
Institut für Maschinenkonstruktion, TU Berlin
Zoppoter Straße 35, 1000 Berlin 33

3.

Dipl.-Ing. R. Komoll
Institut für Landmaschinen, TU Braunschweig
Langer Kamp 19a, 3300 Braunschweig

4.1

Prof. Dr. agr. H. Eichhorn
Institut für Landtechnik
Justus-Liebig-Universität Gießen
Braugasse 7, 6300 Gießen

4.2

Prof. Dr. agr. M. Estler
Institut für Landtechnik, TU München
Vöttingerstraße 36, 8050 Freising-Weihenstephan

5.

Prof. Dr. agr. H. J. Heege
Institut für Landw. Verfahrenstechnik,
Universität Kiel
Olshausenstraße 40-60, 2300 Kiel

6.1

Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich
s. Abschnitt 2.5

6.2

Prof. Dr.-Ing. E. Moser
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim
Garbenstraße 9, 7000 Stuttgart 70

7.

Prof. Dr. agr. E. Isensee
Institut für Landw. Verfahrenstechnik,
Universität Kiel
Olshausenstraße 40-60, 2300 Kiel

8.

Prof. Dr. agr. H. Schön und Dipl.-Ing. agr. H. Sourell
s. Abschnitt 1.1

9.1

Prof. Dr. agr. H. G. Claus
Institut für Agrartechnik, Universität Göttingen
Gutenbergstraße 33, 3400 Göttingen

9.2

Dipl.-Ing. K.-P. Wolf-Regett
Institut für Landmaschinen, TU Braunschweig
Langer Kamp 19a, 3300 Braunschweig

9.3

Prof. Dr. agr. H. G. Claus
s. Abschnitt 9.1

10.1

Prof. Dr.-Ing. K. D. Kutzbach
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim
Garbenstraße 9, 7000 Stuttgart 70

10.2

Prof. Dr. agr. Th. Bischoff und Dr. agr. T. Jungbluth
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim
Garbenstraße 9, 7000 Stuttgart 70

10.3

Prof. Dr.-Ing. W. Mühlbauer
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim
Garbenstraße 9, 7000 Stuttgart 70

11.1

Dipl.-Ing. agr. A. Specht
KTBL-Versuchsanstalt Dethlingen
3042 Munster 1

11.2

Prof. Dr.-Ing. K. H. Kromer
Institut für Landtechnik, Universität Bonn
Nußallee 5, 5300 Bonn 1

12.

Dipl.-Ing. H. Sinn
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim
Garbenstraße 9, 7000 Stuttgart 70

13.

Prof. Dr. agr. J. Piotrowski
Institut für Landw. Bauforschung,
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Bundesallee 50, 3300 Braunschweig

14.

Prof. Dr. agr. H. L. Wenner und Dr. agr. J. Boxberger,
Dr. agr. H. Pirkelmann, Dr. agr. H. Worstorff
Institut für Landtechnik, TU München
Vöttinger Straße 36, 8050 Freising

15.

Prof. Dr. agr. H. Eichhorn und
Dipl.-Ing. agr. R. Berberich
s. Abschnitt 4.1

16.

Prof. Dr.-Ing. W. Baader
s. Abschnitt 1.5

17.

Prof. Dr.-Ing. F. Wieneke
Institut für Agrartechnik, Universität Göttingen
Gutenbergstraße 33, 3400 Göttingen

18.

Dr.-Ing. K. Paolim
Institut für Landmaschinen, TU Braunschweig
Langer Kamp 19a, 3300 Braunschweig

19.

Dr.-Ing. F. J. Sonnen
Abt. Landtechnik der DLG
Zimmerweg 16, 6000 Frankfurt a. M.

20.

Prof. Dr. agr. H. Schön und
Prof. Dr. agr. W. Hammer
s. Abschnitt 1.1

1. Allgemeine Entwicklung

1.1 Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Allgemeines

Der Beitrag der Landwirtschaft zum Sozialprodukt ist weiter rückläufig. Im Jahr 1985 lag der landwirtschaftliche Anteil an der Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen mit 27,7 Mrd. DM bei 1,6%. Zehn Jahre zuvor waren es noch 2,5%. 1975 waren 6,3%, 1985 nur noch 5,3% der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft beschäftigt [1].

Die Landwirtschaft steht aber als Abnehmer von Betriebsmitteln und Investitionsgütern sowie als Lieferant von Rohstoffen zur industriellen und handwerklichen Verarbeitung in enger Verbindung mit den ihr vor- und nachgelagerten Wirtschaftsbereichen. Dieser gesamte Sektor („Agribusiness“) einschließlich Landwirtschaft erwirtschaftet mit 735 Mrd. DM 16% des gesamtwirtschaftlichen Produktionswertes und mit 145 Mrd. DM 8,5% der Bruttowertschöpfung. In der Landwirtschaft und den mit ihr verbundenen Wirtschaftsbereichen sind 4,0 Mio. Menschen beschäftigt, das sind 16% aller Erwerbstätigen. Somit steht jeder sechste Arbeitsplatz direkt oder indirekt mit der Landwirtschaft in Verbindung.

Längerfristige Entwicklungstendenzen

Die längerfristige Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion ist anhand der Verkaufserlöse für die verschiedenen Produkte in **Bild 1** dargestellt.

Die bis in die achtziger Jahre steigende Entwicklung der landwirtschaftlichen Verkaufserlöse stagniert bei fast allen Produkten oder ist sogar rückläufig. Nach wie vor bemerkenswert ist der hohe Anteil der tierischen Produkte mit 70%.

Im Gegensatz zu den Verkaufserlösen, die durch Preisrückgang, Mengenkontingentierungen und Kapazitätsabbau stagnieren, zeigt die Flächenproduktivität, also die auf einem Hektar erzeugten Getreideeinheiten, eine nach wie vor steigende Tendenz.

Erzeugungsreserven und Innovationen – es sei hier nur an die Biotechnologie erinnert – lassen sogar eine Steigerung der Zuwachsraten von derzeit jährlich 1,5% auf bis zu 3% möglich erscheinen. Gleichzeitig stagniert die Nachfrage nach Nahrungsmitteln [2].

Es wird deshalb in den westlichen Industrieländern notwendig sein, die Zahl der Produktionseinheiten um die Steigerungsrate der Erträge abzubauen. In den von Natur und Struktur benachteiligten Gebieten wird es dadurch zu einer Extensivierung der Landbewirtschaftung bis hin zur völligen Aufgabe kommen [3]. In den landwirtschaftlichen „Kerngebieten“ dagegen wird der biologisch-technische Fortschritt voll für eine weitere Intensivierung der Landwirtschaft genutzt werden [2].

Die Landmaschinenindustrie wird beiden Entwicklungen genügen müssen. Auf der einen Seite wird auch in Zukunft die Technik dazu beitragen haben, hohe Erträge zu ermöglichen, auf der anderen Seite müssen neue Verfahren für eine extensive Landbewirtschaftung entwickelt werden.

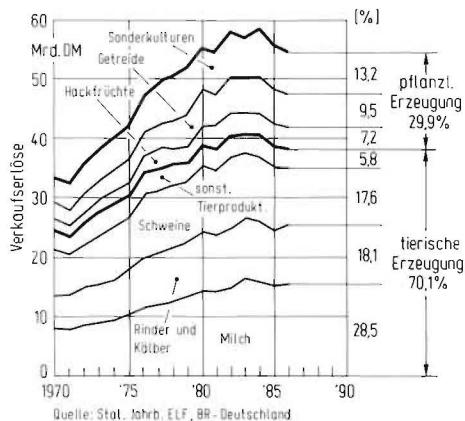


Bild 1: Verkaufserlöse der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland seit 1970.

Die Mechanisierung der Landwirtschaft hatte eine nicht vorhersehbare Steigerung der Arbeitsproduktivität zur Folge [4] (**Bild 2**). Sie ist seit 1950 von 9 t GE/AK auf derzeit 82 t GE/AK angestiegen. Diese Steigerung ist vor allem durch den Rückgang der Zahl der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte bedingt. Allein in der Bundesrepublik Deutschland ist seit 1950 die Zahl der Vollarbeitskräfte von 4 Mio. auf derzeit 900 000 gesunken. Gleichzeitig stieg die Zahl der eingesetzten Schlepper von wenigen Exemplaren auf etwa 1,5 Mio. an.

Das unbefriedigende Einkommen unserer Landwirte und die – meist in der Innenwirtschaft aus strukturellen Gründen – noch nicht ausgeschöpften Rationalisierungsreserven werden eine weitere Abwanderung aus der Landwirtschaft erzwingen, die deutlich über die derzeitige jährliche Rate von 1,8% hinausgehen wird [3] (**Tafel 1**). In vielen Fällen wird auch der Übergang zur Nebenerwerbslandwirtschaft stattfinden, deren Anteil von derzeit 51% der Betriebe auf mutmaßlich 56% im Jahr 2000 ansteigen wird [2] (**Tafel 2**).

Der zu erwartende weitere Rückgang der Arbeitskräfte wird den Strukturwandel in der Landwirtschaft nach einer vorübergehenden Stagnation wieder beschleunigen [2] (**Tafel 2**). Für die Landmaschinenindustrie bedeutet dies, daß auch in Zukunft der Bedarf an arbeitssparender, schlagkräftiger Mechanisierung anhalten wird, wenn auch bei rückläufigen Stückzahlen. Dabei werden sowohl die Ansprüche von Haupt- und Nebenerwerbslandwirtschaft als auch des über-

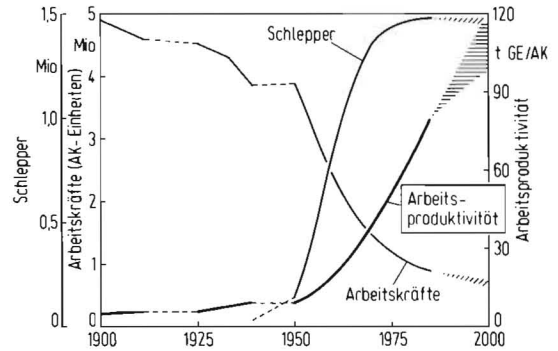


Bild 2: Entwicklung der Arbeitsproduktivität, der Arbeitskräfte und der Anzahl der eingesetzten Schlepper in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland seit 1900.

betrieblichen Maschineneinsatzes berücksichtigt werden müssen.

Eine weitere wichtige Rahmenbedingung für Entwicklung und Einsatz der Landtechnik ist der Zwang zur Senkung der Produktionskosten in der Landwirtschaft. Während sich bis in die Mitte der siebziger Jahre landwirtschaftliche Erzeugerpreise und Betriebsmittelpreise annähernd gleich entwickelten, ist seit diesem Zeitraum ein zunehmendes Auseinanderklaffen der sogenannten Preisschere zu beobachten, (**Bild 3**). Besonders stark ist dies bei Neubauten und Maschinen ausgeprägt.

Dies führt zu einem starken Kostendruck in der Landwirtschaft, der zu einer drastischen Reduzierung der Stückkosten zwingt. In diesem Zusammenhang werden Mechanisierungsverfahren an

Tafel 1: Entwicklung der Zahl landwirtschaftlicher Betriebsinhaber in der Bundesrepublik Deutschland und Projektion bis 2000 [5]

Jahr	Betriebsinhaber (in 1000)		
	männliche		weibliche
	vollbeschäftigte	teilbeschäftigte	
1975	396	425	79
1980	344	392	67
1985	315	360	60
a ¹⁾	131	155	
Projektion 2000 b ²⁾	195	213	40 ⁴⁾
c ³⁾	247	298	

1) Kein Ersatz der durch Tod, Invalidität und Ruhestandseintritt ausscheidenden Betriebsinhaber. – 2) Ersatz wie 1980-85 in Hessen. – 3) Ersatz wie 1980-85 in Nordrhein-Westfalen bzw. Niedersachsen. – 4) Fortschreibung der bisherigen Entwicklung.

Bedeutung gewinnen, die es gestatten, mit weniger Dünge- und Pflanzenschutzmitteln das Ertragsniveau zu halten oder sogar zu steigern [4]. Ökologische und ökonomische Forderungen zielen hier in die gleiche Richtung. Die Kosten der Mechanisierung weisen weiterhin steigende Tendenz auf. Neben den Landmaschinenpreisen werden Zuverlässigkeit sowie geringe Reparatur- und Serviceaufwendungen zu weiteren Kriterien des Landmaschinenkaufes.

Mit der zunehmenden Erfüllung bzw. Übererfüllung der primären Aufgabe der Landwirtschaft, nämlich die Bevölkerung mit preiswerten Nahrungsmitteln zu versorgen, treten andere Aufgaben in den Vordergrund [6]. Sie können bis zu einem gewissen Grade den Tendenzen zur Flächenstillegung und Minderung der Zahl der Arbeitskräfte entgegenwirken. So gewinnt neben der Ernährungssicherung die Nahrungsqualität vermehrt an Bedeutung.

Bei Anbau und Entwicklung nachwachsender Rohstoffe stand bisher die Energiegewinnung im Vordergrund. Niedrige Energiepreise verhindern zur Zeit einen ökonomisch sinnvollen Anbau. Der Schwerpunkt liegt deshalb jetzt bei Industrierohstoffen [7].

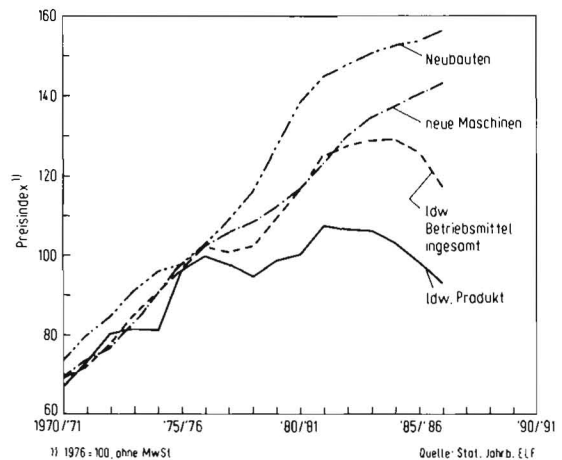


Bild 3: Entwicklung der Erzeugerpreise landwirtschaftlicher Produkte und der Einkaufspreise landwirtschaftlicher Betriebsmittel.

Verstärkte Bedeutung werden ökologische Aufgaben in der Landwirtschaft bekommen. Eine Reihe gesetzlicher Maßnahmen zielt auf den Schutz des Bodens und des Grundwassers und führt zu erheblichen Eingriffen in die Landbewirtschaft-

Tafel 2: Entwicklung ausgewählter Merkmale der Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe in der Bundesrepublik Deutschland (nach [2], ergänzt)

Merkmal	Einheit	1960	1971	1985	Projektion	
					1990	2000
Erwerbscharakter						
Anteil Nebenerwerbsbetriebe	%		44,6	51,3	53	56
Flächenausstattung						
Durchschnittliche Betriebsgröße (LF)	ha	8,1	11,0	15,8	17	20
Anteil Betriebe ≥ 50 ha LF	%	1,1	1,8	4,9	7	11
Tierhaltung						
<u>Milchkühe</u>						
Durchschnittliche Herdengröße	St.	4,8	7,7	15,3	18	22-27
Anteil Halter ≥ 50 Kühe	%		0,1	3,1	4-7	7-17
<u>Mastschweine</u>						
Durchschnittliche Bestandsgröße	St.		17,9	33,2	43	53-64
Anteil Halter ≥ 400 Tiere	%		0,2	1,5	2-3	4-8

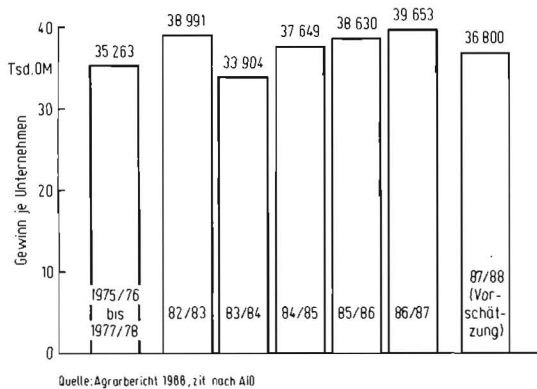


Bild 4: Entwicklung der Gewinne in den Vollerwerbsbetrieben der Bundesrepublik Deutschland.

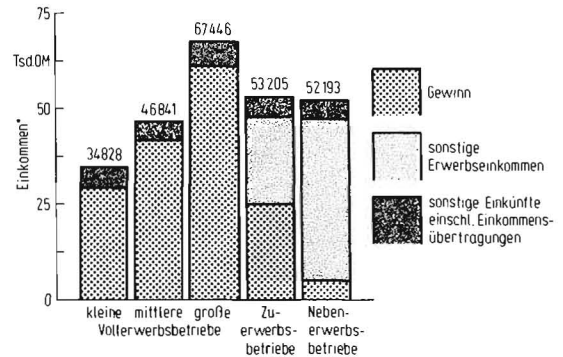


Bild 5: Zusammensetzung des Gesamteinkommens des Betriebsinhaberehepaares in Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben.

tung, insbesondere bei der Düngung und dem Pflanzenschutz [8]. Auf der anderen Seite werden die Beiträge der Landwirtschaft zur Landschaftspflege und Erhaltung durch flächengebundene Ausgleichszahlungen zunehmend anerkannt [9].

Es eröffnen sich neue Tätigkeitsfelder für die Landwirtschaft und damit auch für die Landtechnik, z. B. bei der Erzeugung und Vermarktung hochwertiger Nahrungsspezialitäten, bei der Produktion und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe (mittelfristig) sowie bei der Umwelt- und Landschaftspflege [3; 4].

Die Einkommenslage der Landwirtschaft

Die Gewinne der landwirtschaftlichen Vollerwerbsbetriebe haben sich gegenüber 1975/76 durchschnittlich um jährlich nur 1,2% erhöht (Bild 4) [10]. Im Wirtschaftsjahr 1986/87 ist der Gewinn gegenüber dem Vorjahr um 2,6% gestiegen, wobei der Gewinn in den kleineren Betrieben um

9,6% auf 27 359 DM, in den mittleren um 3,3% auf 37 323 DM und in den größeren Betrieben um 1,4% auf 50 489 DM angestiegen ist.

Im laufenden Wirtschaftsjahr 1987/88 ist nach Vorausschätzungen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit einer Abnahme der Gewinne in den Vollerwerbsbetrieben um etwa 7% zu rechnen. Für Marktfruchtbetriebe werden die Gewinneinbußen auf 19% geschätzt, für Futterbaubetriebe auf 1% und für Veredelungsbetriebe auf 12% [10].

Das Gesamteinkommen der Betriebsinhaberehepaare (Bild 5) betrug im Wirtschaftsjahr 1986/87 bei kleineren Vollerwerbsbetrieben 34 828 DM und bei großen 67 446 DM, wobei es zum weitaus größten Teil aus dem landwirtschaftlichen Gewinn entstammte [10]. Die Zu- und Nebenerwerbslandwirte erzielten dagegen in erheblichem Maße Einkommen aus der außerbetrieblichen Erwerbstätigkeit, so daß ihr Gesamteinkommen das der Vollerwerbsbetriebe übertraf.

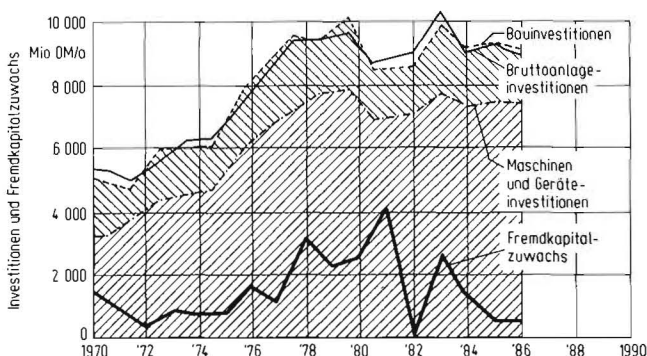


Bild 6: Investitionen und Fremdkapitalzuwachs in der Landwirtschaft (nach Auernhammer, ergänzt durch [1]).

Tafel 3: Betriebseinkommen je Jahresarbeits-einheit in den Ländern der EG 1984/85 (in DM)

Dänemark	56387
Niederlande	49255
Belgien	39129
Vereinigtes Königreich	37630
Luxemburg	27977
Bundesrepublik Deutschland	23662
Irland	22355
Italien	16834
Griechenland	10875

Die Einkommensentwicklung der landwirtschaftlichen Erwerbstätigen zeigt seit den siebziger Jahren einen ungünstigen Verlauf. 1971/72 lag der Gewinn je landwirtschaftlicher Familienarbeitskraft in Vollerwerbsbetrieben mit etwa 16500 DM auf gleicher Höhe mit dem gewerblichen Vergleichslohn. 1986/87 wurde zwar je landwirtschaftlicher Familienarbeitskraft ein Gewinn von 26753 DM erwirtschaftet, der gewerbliche Vergleichslohn ist aber in der gleichen Zeit auf über 37000 DM gestiegen [1].

Große Unterschiede ergeben sich beim Einkommen der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte innerhalb der EG (**Tafel 3**). Das in der Bundesrepublik Deutschland erzielte Betriebseinkommen je landwirtschaftlicher Vollarbeitskraft zählt zu den niedrigsten der westlichen Industriestaaten und wird lediglich von Irland und den Mittelmeerstaaten noch unterschritten [1].

Investitionsbereitschaft der Landwirtschaft

Die Investitionen der Landwirtschaft sind bis zu Beginn der achtziger Jahre ständig angestiegen, zunehmend finanziert durch Fremdkapital (**Bild 6**). Dabei standen vor allem Rationalisierungsinvestitionen und Investitionen zur Produktionsausweitung im Vordergrund.

Produktionsbeschränkungen, mangelnde Gewinne, vor allem aber eine um sich greifende Verunsicherung der Landwirtschaft haben seit dieser Zeit zu einer Stagnation der Investitionen mit einer gewissen Schwankungsbreite je nach der augenblicklichen Ertragslage geführt. Dabei stehen vor allem Ersatzinvestitionen im Vordergrund. Auch für das laufende Wirtschaftsjahr ist aufgrund der unbefriedigenden Einkommenslage wahrscheinlich mit einem weiteren Rückgang der Investitionen zu rechnen, gegebenenfalls in geringem Umfang in den Futterbaubetrieben.

1.2 Die wirtschaftliche Situation der Landmaschinen- und Traktoren-Industrie

Betriebe und Beschäftigte

Die Landmaschinen- und Traktoren-Industrie in der Bundesrepublik Deutschland zählte Ende 1987 318 Betriebe bzw. Betriebsteile, die nach der amtlichen Sypro-Statistik eine Produktion – in welchem Umfang auch immer – von Landmaschinen und Traktoren gemeldet haben. Die Zahl der Betriebe lag bei dieser Statistik, zu der alle Produktionsbetriebe bzw. Betriebsteile ab 20 Beschäftigten (einschließlich dem produzierenden Handwerk) melden, somit auf Vorjahreshöhe. Bei den Beschäftigten wurde mit 47165 im Dezember 1987 sogar der niedrigste Stand der letzten zehn Jahre verzeichnet; gegenüber dem Vorjahr sank diese Zahl erneut um 8,4%. Der rasante Strukturwandel in der Landmaschinen-Industrie brachte innerhalb des vergangenen Jahrzehnts einen Rückgang der Zahl der produzierenden Betriebe um knapp 30% und der Beschäftigten um knapp ein Viertel.

Rund 150 industriell fertigende Firmen sind in der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV) im VDMA, ihrem Industrieverband, organisiert und repräsentieren über 90% der deutschen Landmaschinen- und Traktoren-Produktion. Mit einem Anteil von 5,4% (1986) an der Maschinenbauproduktion der Bundesrepublik Deutschland ist die Landtechnik-Industrie nach wie vor eine der größten Sparten des deutschen Maschinenbaues.

Gesamtumsatz

Die Gesamtumsätze der Hersteller von Landmaschinen und Traktoren erreichten 1987 mit knapp 6,6 Mrd. DM das zweitniedrigste Ergebnis nach 1980. Gegenüber dem Vorjahreswert mußte eine Rückgang von 10,7% hingenommen werden, wobei bereits die Gesamtumsätze 1986 um 7,6% niedriger waren als 1985. Sowohl der Landmaschinen-Bereich (– 12,0%) als auch der Traktoren-Bereich (– 9,5%) wurden 1987 von den starken Umsatzeinbußen getroffen (Tafel 1).

Inlandsumsatz

Die seit Jahren rückläufigen Inlandsumsätze der Landtechnik-Industrie erholten sich auch 1987 noch nicht. Die Landmaschinen-Inlandsum-

sätze fielen 1987 nochmals 4,5% (real: – 6,4%) niedriger aus als im Vorjahr, wobei nahezu alle Einzelsparten Umsatzeinbußen verkraften mußten. Nur aufgrund eines guten Umsatzes in den letzten Monaten des Jahres 1987 erreichten die Traktoren-Inlandsumsätze im Gesamtjahr 1987 ein bescheidenes Plus von 1,6% (real: + 0,4%). Die gesamten Inlandsumsätze an Landmaschinen und Traktoren waren mit rund 2,9 Mrd. DM um 1,7% (real: – 3,1) niedriger als 1986.

Die Industrie bekam somit auch im vergangenen Jahr die Kaufzurückhaltung der inländischen Landwirte deutlich zu spüren, denn die unbefriedigende Einkommenssituation und wenig optimistische Perspektiven hemmten weiterhin die Investitionsbereitschaft der deutschen Landwirtschaft. Die Maschinennachfrage verlagert sich zudem immer mehr direkt in die Saison, was den Herstellern die Disposition zunehmend erschwert.

Auslandsumsatz

Für die Landmaschinen- und Traktoren-Industrie der Bundesrepublik Deutschland brachte das Jahr 1987 einen drastischen Einbruch bei den Ausfuhren um 16,6% (real: – 17,3%) auf 3,7 Mrd. DM, nachdem bereits 1986 ein Ausfuhrminus um 11,5% verkraftet werden mußte. Die Landmaschinen-Ausfuhren reduzierten sich um 17,8% (real: – 18,4%) und die Traktoren-Ausfuhren um 15,7% (real: – 16,3%). Die Exportquote sank somit für die gesamte Industrie auf jetzt 56,3%, während noch vor zwei Jahren 62,9% verzeichnet werden konnten. Die Ausfuhrquote liegt 1987 für Landmaschinen bei 52,4% und für Traktoren bei 59,9%.

Dieses Ergebnis ist einerseits Ausdruck einer Verschlechterung der preislichen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landtechnik-Anbieter, wobei in erster Linie die Aufwertung der DM zu verkraften war. Andererseits gingen von den größten Märkten der Europäischen Gemeinschaft wenig Impulse aus, da sich die negative Konjunkturentwicklung in diesen Ländern in den vergangenen Jahren immer mehr angeglichen hat. Mit 56,8% bleibt die EG jedoch nach wie vor größter Absatzmarkt für deutsche Landtechnik, wenn auch insgesamt 1987 ein Minus um 8,7% verzeichnet werden mußte. Positive Ausnahmen waren lediglich Spanien, Italien, Portugal und

Griechenland, wohin 1987 die Exporte sogar gesteigert werden konnten. Die OPEC-Länder sind in letzter Zeit als Hauptabsatzgebiete für deutsche Landmaschinen und Traktoren nahezu ausgefallen; 1987 reduzierten sich die Landtechnik-Exporte dorthin um 65,7%. Auch die Lieferungen in die übrigen Entwicklungsländer lagen 1987 fast 50% niedriger als im Vorjahr. Die Exporte in die Übersee-Industrieländer hielten sich dagegen mit einem Minus von 8,2% im Rahmen.

Importe und Inlandsversorgung

Die Landmaschinen- und Traktoren-Importe lagen 1987 mit 1,1 Mrd. DM um 0,9% über dem entsprechenden Vorjahreswert (Landmaschinen: + 0,3%; Traktoren: + 1,7%). Es bleibt jedoch festzustellen, daß in den letzten Monaten 1987 aufgrund sinkender Importpreise auch für den landtechnischen Bereich – insbesondere für Traktoren – die Importzahlen sich deutlich erhöht haben.

Tafel 1: Übersicht der Umsatz- und Außenhandels-Entwicklung sowie Inlandsversorgung von Landtechnik (Mio. DM)

Jahresergebnisse									
	1987	%-Diff. Vorjahr	1986	%-Diff. Vorjahr	1985	%-Diff. Vorjahr	1984	%-Diff. Vorjahr	1983
LAV-Umsatzstatistik									
Gesamtumsatz									
Landmaschinen	3 144,1	– 12,0	3 571,1	– 3,8	3 713,9	– 0,1	3 717,5	– 1,4	3 772,0
Traktoren	3 448,9	– 9,5	3 811,7	– 10,9	4 280,0	+ 11,9	3 825,5	– 12,7	4 381,1
Gesamt	6 593,0	– 10,7	7 382,8	– 7,6	7 993,9	+ 6,0	7 543,0	– 7,5	8 153,1
Inlandsumsatz									
Landmaschinen	1 497,3	– 4,5	1 568,5	– 1,1	1 586,4	– 1,7	1 614,6	– 10,3	1 800,0
Traktoren	1 384,0	+ 1,6	1 362,9	– 1,1	1 377,6	+ 15,7	1 190,2	– 29,7	1 693,5
Gesamt	2 881,3	– 1,7	2 931,3	– 1,1	2 964,0	+ 5,7	2 804,8	– 19,7	3 493,6
Auslandsumsatz									
Landmaschinen	1 646,8	– 17,8	2 002,6	– 5,9	2 127,5	+ 1,2	2 102,9	+ 6,6	1 972,0
Traktoren	2 064,9	– 15,7	2 448,8	– 15,6	2 902,4	+ 10,1	2 635,3	– 1,9	2 687,6
Gesamt	3 711,7	– 16,6	4 451,4	– 11,5	5 029,9	+ 6,2	4 738,2	+ 1,7	4 659,6
Amtliche Außenhandelsstatistik									
Exporte									
Landmaschinen	2 079,6	– 13,6	2 407,0	– 6,0	2 561,1	+ 6,7	2 400,1	+ 5,6	2 273,3
Traktoren	2 081,9	– 14,1	2 424,3	– 16,0	2 885,3	+ 15,1	2 507,1	– 3,5	2 597,2
Gesamt	4 161,5	– 13,9	4 831,3	– 11,3	5 446,4	+ 11,0	4 907,2	+ 0,8	4 870,5
Importe									
Landmaschinen	685,6	+ 0,3	683,3	+ 0,8	677,6	– 2,6	695,5	– 4,3	727,1
Traktoren	445,7	+ 1,7	438,1	– 0,9	442,2	+ 4,5	423,2	– 8,2	460,8
Gesamt	1 131,3	+ 0,9	1 121,4	+ 0,2	1 119,7	+ 0,1	1 118,6	– 5,8	1 187,9
Inlandsversorgung (Inlandsumsatz + Import)									
Inlandsversorgung									
Landmaschinen	2 182,9	– 3,1	2 251,8	– 0,5	2 264,0	– 2,0	2 310,1	– 8,6	2 527,1
Traktoren	1 829,7	+ 1,6	1 801,0	– 1,0	1 819,8	+ 12,8	1 613,4	– 25,1	2 154,3
Gesamt	4 012,6	– 1,0	4 052,8	– 0,8	4 083,7	+ 4,1	3 923,4	– 16,2	4 681,5

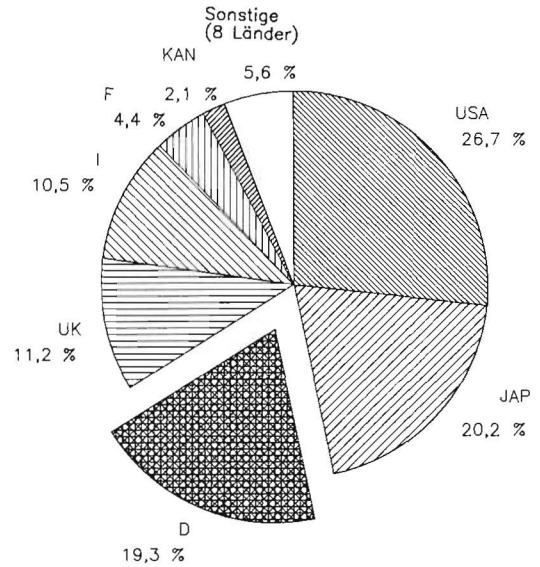
Auch die Inlandsversorgung zeigt die anhaltende Schwäche des deutschen Marktes. 1987 reduzierte sich die Inlandsversorgung als Summe der Inlandsumsätze aus deutscher Produktion plus Importe um 1,0% (real: -1,8%) auf rund 4 Mrd. DM. Während für Landmaschinen eine weitere Verschlechterung der Inlandsversorgung um 3,1% (real: -3,7%) verzeichnet wurde, lag die Traktoren-Inlandsversorgung um 1,6% (real: +0,4%) über dem entsprechenden Vorjahreswert.

Traktoren-Neuzulassungen

1987 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 33142 Traktoren neu zugelassen, womit gegenüber dem Jahresergebnis 1986 (32926 Stück) eine minimale Steigerung um 0,7% erreicht wurde. Gleichzeitig blieb die Zahl der Gebrauchtschlepper-Käufe mit 66558 Einheiten nahezu unverändert, so daß auf eine Neuzulassung zwei Gebrauchtschlepper entfielen, während vor zehn Jahren auf einen neu zugelassenen Traktor auch nur eine Besitzumschreibung kam.

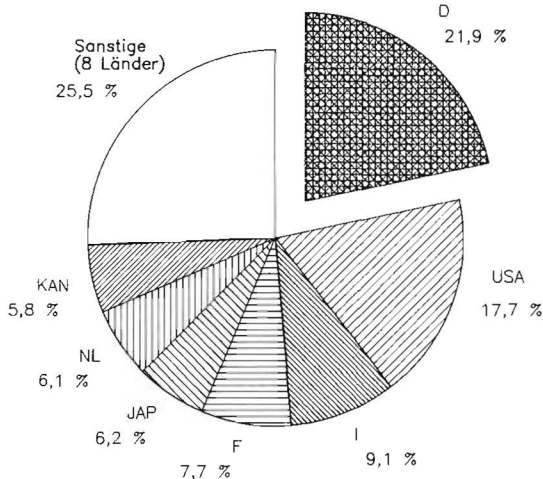
Stellung im Welthandel

Im Jahr 1986 hat sich das Landtechnik-Exportvolumen der westlichen Industrieländer auf 24 Mrd. DM reduziert. Trotz der schwierigen



Weltausfuhr 1986: 12,7 Mrd DM (-22,9 %)

Bild 2: Ausfuhr der westlichen Industrieländer an Traktoren im Jahre 1986.



Weltausfuhr 1986: 11,3 Mrd DM (-17,0 %)

Bild 1: Ausfuhr der westlichen Industrieländer an Landmaschinen im Jahre 1986.

Rahmenbedingungen konnte sich die deutsche Landmaschinen- und Traktoren-Industrie insgesamt besser behaupten als viele andere Anbieter auf dem Weltmarkt.

Die deutschen Hersteller wurden im Landmaschinen-Bereich 1986 erstmals „Ausfuhr-Weltmeister“ vor den jahrelang führenden Vereinigten Staaten (Bild 1). Mit jetzt 21,9% am Gesamtexport der westlichen Industrieländer führt die Bundesrepublik vor den USA (17,7%) und mit großem Vorsprung vor Italien (9,1%) und Frankreich (7,7%).

Auch bei den Traktoren-Ausfuhr (Bild 2) konnte der Abstand zu den USA deutlich verringert werden: Nach wie vor führen jedoch noch die Vereinigten Staaten mit einem Anteil von jetzt 26,7% vor Japan (20,2%) und der Bundesrepublik Deutschland (19,3%). Auch hier folgen dann mit deutlichem Abstand die nächsten Traktoren-Exportländer Großbritannien (11,2%) und Italien (10,5%).

1.3 Technische Regelwerke

Allgemeines

Die rasante technische Entwicklung in den vergangenen Jahrzehnten und die ständig zunehmende Verknüpfung auf nationalem und internationalem Gebiet hat in Konsequenz – und z. T. als notwendige Voraussetzung – den Umfang und die Bedeutung technischer Regelwerke erheblich ansteigen lassen.

Betrachtet man beispielsweise den Kraftfahrzeugbereich, dem bekanntlich auch Traktoren und selbstfahrende Arbeitsmaschinen zuzuordnen sind, so stellt man fest, daß allein hierfür heute in der Bundesrepublik nicht weniger als 20 Gesetze und 76 Verordnungen mit etwa 1200 Paragraphen gelten.

Wie sprunghaft sich die technischen Regelwerke für den Traktoren-Bereich über den Zeitraum der vergangenen 35 Jahre entwickelt haben, zeigt Bild 1. Während der Traktor Anfang der 50er Jahre von technischen Regelwerken noch mehr oder weniger unberührt war, ist er heute von einem engmaschigen Netz der verschiedensten Regelwerke umgeben. Dies zwingt dem Konstrukteur häufig bestimmte Lösungen auf, obwohl er – z. B. aus anwendungstechnischen Gründen – eigentlich eine andere Lösung vorziehen würde. Zielsetzung für alle Beteiligten muß daher sein, die

technischen Regelwerke auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken und die Festlegungen möglichst von vorne herein auf internationaler Plattform abzustimmen.

Aus dem großen Fächer der technischen Regelwerke für Landmaschinen und Traktoren werden nachfolgend beispielhaft die Bereiche Sicherheitstechnik und Straßenverkehrstechnik herausgegriffen und übergreifend die Harmonisierung technischer Regelwerke dargestellt [1 bis 9].

Sicherheitstechnik

Wichtigster Einschnitt im sicherheitstechnischen Bereich war in der Vergangenheit zweifelsohne das Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz). Mit dem Gerätesicherheitsgesetz (GSG) wurde der über mehr als ein Jahrhundert praktizierte „nachgreifende technische Arbeitsschutz“ durch den auf den Hersteller übertragenen „vorgreifenden“ Arbeitsschutz ergänzt. Das GSG verpflichtet nämlich den Hersteller bzw. Importeur, nur solche Geräte in den Verkehr zu bringen, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik sowie den Arbeitsschutz- und Unfallverhütungs-Vorschriften entsprechen.

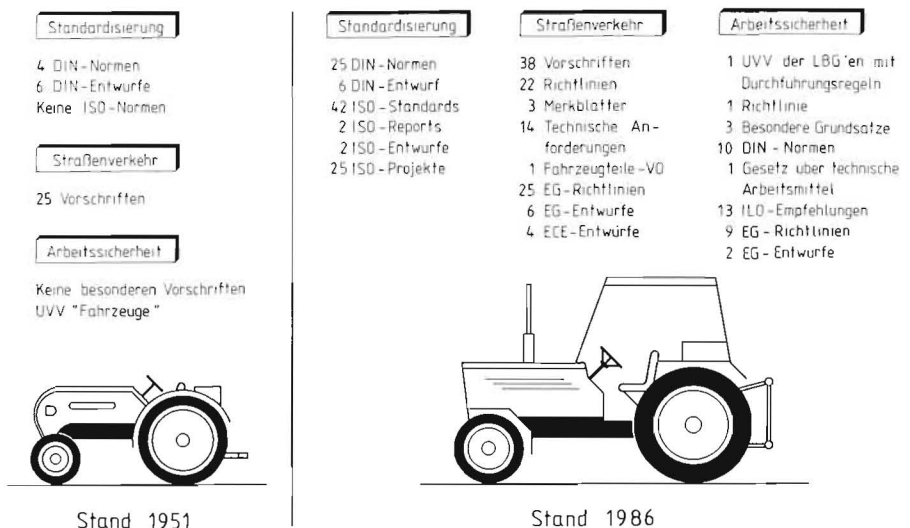


Bild 1: Die Entwicklung der technischen Regelwerke bei Traktoren.

Durch das GSG wurde ein enormer Schub sicherheitstechnischer Regelwerke ausgelöst. Einerseits galt es nämlich, die bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungs-Vorschriften im Hinblick auf das GSG zu überprüfen und dem technischen Fortschritt anzupassen; andererseits galt es aber auch, die im Gesetz angesprochenen „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ nicht im luftleeren Raum zu belassen, sondern sie im Interesse der Rechtssicherheit im einzelnen zu konkretisieren. So sind heute in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Gerätesicherheitsgesetz mehr als 1200 Vorschriften und Regelwerke benannt, die im Rahmen des GSG zu beachten sind.

Die dem Gesetz nachgeschalteten technischen Regelwerke haben aber wiederum selbst einen weiteren Schub von Regelwerken ausgelöst. So war es z. B. unumgänglich, zu den allgemein gültigen Anforderungen der Norm DIN 31000 mit allgemeinen Leitsätzen für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse und der DIN 31001 mit Anforderungen an Schutzeinrichtungen und Sicherheitsabstände für den Bereich der Landmaschinen und Traktoren eine eigene Reihe spezieller sicherheitstechnischer Fachbereichsnormen zu entwickeln. Würde man nämlich die generellen Festlegungen der Sicherheitsnorm DIN 31001 auch auf Traktoren und Landmaschinen anwenden, so wären viele Konstruktionen nicht mehr möglich. Der gesamte Dreipunkt-Geräteanbau z. B. wäre unter diesen Bedingungen undenkbar. Inzwischen liegen die sicherheitstechnischen Fachbereichsnormen der Reihe 11000 sowie 11001 Teil 1 bis Teil 10 vor. Diese sicherheitstechnischen Fachbereichsnormen sind heute integrierter Bestandteil auch des sicherheitstechnischen Regelwerks der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften, d. h. insbesondere der neu gefaßten Unfallverhütungs-Vorschriften, die 1981 in Kraft gesetzt wurden.

Es wird immer wieder die Frage gestellt, ob denn die verschärften Anforderungen an die Arbeitssicherheit, die zu zusätzlichen Kosten führen, in der Praxis auch einen tatsächlichen Nutzen haben. Die Statistiken der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften beweisen dies sehr eindrucksvoll. Allein durch die Einführung von Umsturzschildvorrichtungen für Traktoren bleiben jährlich mehr als 150 tödliche Unfälle erspart [10].

Produkthaftung

Im unmittelbaren Zusammenhang mit den sicherheitstechnischen Anforderungen muß

auch die EG-Richtlinie vom 25. 07. 1985 über die Produkthaftung gesehen werden. Mit dieser EG-Richtlinie, die bis Mitte 1988 in allen EG-Staaten ins nationale Recht umgesetzt sein muß, wird die verschuldensunabhängige Haftung des Herstellers eingeführt und festgelegt, daß ein Produkt als fehlerhaft gilt, wenn es nicht den berechtigten Sicherheitserwartungen entspricht [11; 12]. Hier wird es entscheidend darauf ankommen, den unbestimmten Begriff der berechtigten Sicherheitserwartungen für den Landmaschinen- und Traktoren-Bereich zu konkretisieren. Die LAV hat hierzu in den Jahren 1986 und 1987 in verschiedenen Arbeitsgruppen bereits eine Reihe von Unterlagen erarbeitet.

Straßenverkehrstechnik

Maßgeblichen Einfluß auf Konstruktion, Bau und Ausrüstung von Landmaschinen und Traktoren nehmen in erster Linie die Vorschriften der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) und der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO). Neben dem rein technischen Anforderungskatalog mit Vorschriften über Abmessungen, Gewichte, Geschwindigkeiten, Lenkanlagen, Fahrerplatz, Räder, Bereifung, Bremsen, Verbindungseinrichtungen, Abgase, Geräusche, lichttechnische Einrichtungen etc., die unmittelbaren Einfluß auf die Konstruktion von Landmaschinen und Traktoren nehmen, sind dabei auch die administrativen Vorschriften, wie Führerschein, Betriebserlaubnispflicht, amtliche Zulassung, regelmäßige Überwachung, Versicherungspflicht, Erlaubnisverfahren bei Überschreiten der zulässigen Abmessungen und Gewichte etc., von nicht zu vernachlässigender Bedeutung. Wenngleich sich die letzteren Regelwerke primär an den Betreiber richten, so wirken sie sich dennoch mittelbar im erheblichen Maße auf die Auslegung von Landmaschinen und Traktoren aus, da der Konstrukteur bemüht sein muß, die Interessenslage des späteren Benutzers von vorne herein in seine Überlegungen einzubeziehen. Beispielhaft sei hier an die Diskussion über die Neueinteilung der Führerscheinklassen im Zusammenhang mit der Geschwindigkeitsgrenze 40 km/h erinnert.

Wie entscheidend es manchmal darauf ankommt, bestimmte Gewichts- oder Geschwindigkeitsgrenzen bei der Auslegung von Fahrzeugen nicht zu überschreiten, mag die Tatsache verdeutlichen, daß die StVZO und die ihr nachgeschalteten Regelwerke für landwirtschaftliche Fahrzeuge fast 80 allein von der Höchstgeschwindigkeit ab-

hängige Forderungen und fast 50 allein von den Gewichten abhängige Forderungen beinhalten.

Ganz generell ist festzustellen, daß der nationale Gesetzgeber in den letzten Jahren immer mehr dazu übergeht, existierende EG-Richtlinien total in das nationale Recht zu übernehmen, d. h. die entsprechenden StVZO-Vorschriften werden in diesem Fall durch die EG-Richtlinien ersetzt. In der Vergangenheit ist dieses bereits für die Anforderungen an den zulässigen Geräuschpegel und hinsichtlich der Anforderungen an die Abgase geschehen. Als nächste Projekte stehen die Übernahme der EG-Richtlinien über die Anforderungen an den Rückspiegel und über die Anforderungen an die Beleuchtungseinrichtungen an.

Was die Dieselabgase anbelangt, so hat das Bundeskabinett am 21. August 1985 ein Konzept zur Verminderung der Schadstoffemissionen von Dieselmotoren verabschiedet. Nach diesem Konzept soll die Reduzierung der Schadstoffemissionen durch internationale Regelungen, d. h. durch EG-Richtlinien realisiert werden. Unter Einbeziehung der sich aus dem Bereich der Nutzfahrzeuge ergebenden Erfahrungen sollen die für Nutzfahrzeuge entwickelten internationalen Regelungen zur Begrenzung der Abgasemissionen dann auch auf Traktoren und selbstfahrende Landmaschinen übertragen werden.

Da der Umweltschutz insgesamt hohe politische Priorität hat, ist davon auszugehen, daß die derzeitigen Grenzwerte für den zulässigen Geräuschpegel weiter abgesenkt werden. Das Umweltbundesamt hat in der Zwischenzeit im Rahmen eines Forschungsprojektes den derzeitigen Stand der Technik bezüglich des Geräuschpegels von Landmaschinen und Traktoren ermitteln lassen.

Im Zusammenhang mit den 40 km/h-Traktoren ist erneut die Frage aufgeworfen worden, inwieweit bei dieser Höchstgeschwindigkeit noch die Anforderungen der StVZO im Hinblick auf die straßenschonende Bauweise als erfüllt gelten können, wenn die Fahrzeuge nicht gefedert sind. Gleichzeitig stellte sich die Frage, inwieweit ungefederte Fahrzeuge in diesem Geschwindigkeitsbereich noch eine genügende Fahrstabilität aufweisen. Um zu beiden Themenkomplexen fundierte Aussagen, auch für die absehbare Zukunft im Hinblick auf evtl. weitere Geschwindigkeitserhöhungen machen zu können, werden derzeit im Rahmen eines Forschungsprojektes, das sich bis in den Geschwindigkeitsbereich von 60 km/h erstrecken soll, entsprechende Grundlagen erarbeitet.

Internationale Harmonisierung technischer Regelwerke

Die hohe Exportabhängigkeit der deutschen Landmaschinen- und Traktoren-Industrie unterstreicht sehr deutlich, wie wichtig es ist, technische Handelshemmnisse in Form von unterschiedlichen Bau- und Ausrüstungs-Vorschriften in den einzelnen Ländern auf ein Minimum zu reduzieren oder besser ganz zu beseitigen. Leider schreitet die Harmonisierung technischer Regelwerke nur sehr mühsam voran. So hat die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft 1987 zwar ihren 30. Geburtstag gefeiert, dennoch ist es bis heute nicht gelungen, die sicherheitstechnischen und straßenverkehrsrechtlichen Regelungen soweit zu harmonisieren, daß beispielsweise für den Traktor eine in allen EG-Ländern gleichermaßen gültige europäische Betriebserlaubnis eingeholt werden könnte. Nachdem die EG-Kommission 1987 dem Ministerrat einen zusammenfassenden Vorschlag für den Abschluß des EG-Betriebserlaubnis-Verfahrens für Traktoren vorgelegt hat, rückt die europäische Betriebserlaubnis nun jedoch erstmals in greifbare Nähe [13].

Vollendung des europäischen Binnenmarktes bis Ende 1992

Das bisherige System der Harmonisierung von technischen Regelwerken in der EG ist dadurch gekennzeichnet, daß alle technischen Details in der EG-Richtlinie selbst geregelt werden. Die EG hat jedoch inzwischen längst erkannt, daß dieses System der Harmonisierung zu schwerfällig und zeitaufwendig ist und die Harmonisierungsbemühungen damit letzten Endes in eine Sackgasse geführt werden. Die 1985 von der EG beschlossene „Einheitliche Europäische Akte“ sowie die „Neue Konzeption“ für die technische Harmonisierung setzen nunmehr neue Impulse und sollen den Harmonisierungsprozeß erheblich dynamisieren. Der europäische Binnenmarkt soll demnach bis Ende 1992 realisiert werden. Um dieses Ziel in der vorgegebenen Zeit erreichen zu können, sollen die EG-Richtlinien künftig nur noch Grundsatzanforderungen enthalten, während die technischen Detailanforderungen in Normen – also vornehmlich in europäischen CEN-Normen – geregelt werden sollen. Ferner müssen die meisten EG-Richtlinien zur technischen Harmonisierung im EG-Ministerrat künftig nicht mehr mit Einstimmigkeit beschlossen werden, vielmehr ist eine „qualifizierte Mehrheit“ ausreichend.

EG-Richtlinie Maschinen

Als wichtiges Projekt in der technischen Harmonisierung ist die EG-Richtlinie über die Sicherheit von Maschinen zu nennen. Die EG-Kommission hat dem Ministerrat 1987 hierzu im Rahmen der neuen Konzeption einen entsprechenden Vorschlag vorgelegt. Die europäische Normenorganisation hat bereits vor einiger Zeit ein entsprechendes CEN-Komitee gegründet, in dem derzeit europäische Grundsatznormen über die mechanische Sicherheit erarbeitet werden. Für

den Landmaschinen- und Traktoren-Sektor wird eine eigene EG-Sicherheits-Richtlinie mit entsprechenden speziellen CEN-Normen angestrebt. Hierbei ist beabsichtigt, die innerhalb der ISO bereits weit vorangeschrittenen Normungsarbeiten auf sicherheitstechnischem Gebiet auf die CEN-Ebene zu übertragen. Allerdings muß man sich hierbei darüber im klaren sein, daß diese Normen nicht nur Empfehlungscharakter haben werden, sondern über die EG-Richtlinie in der Praxis mehr oder weniger zu einer verbindlichen Anforderung werden.

1.4 Normung bei Landmaschinen und Traktoren

Allgemeines

Das regelmäßig erscheinende „Jahrbuch Agrartechnik“ bietet eine gute Gelegenheit, aktuell über die Normungsarbeiten im Fachbereich Landtechnik zu berichten. Der ersten Ausgabe wird es vorbehalten sein, das Normenwerk, die Ausschüsse, Aufgaben und Ziele vorzustellen. Die Folgeausgaben werden auch detaillierte Informationen enthalten, die rückblickend und vorausschauend von Interesse sind.

Sensationell war die Entdeckung einer unterirdischen Armee von 7000 steinernen Kriegern samt ihrer Ausrüstung im Osten Chinas. Die Armee gehörte zur Grabanlage des Kaisers Qin Shi Huangdi, der vor 2200 Jahren lebte. Offensichtlich war die Wirkung des „normativen“ schon bekannt, denn sämtliche Fahrzeuge hatten genormte Spurweiten. Auch Maße, Gewichte und Währung waren einheitlich. Ob auch landwirtschaftliche Gerätschaften genormt waren, ist ungewiß. Die „Frühgeschichte“ der landtechnischen Normung in Deutschland begann jedenfalls mit der Gründung des „Normenausschusses Landmaschinen-Industrie (NALMI)“ im Jahre 1919.

Man unterscheidet nationale (DIN), europäische (CEN) und internationale (ISO) Normen. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) ist ein Organ der privaten Selbstverwaltung der Wirtschaft. Jedermann kann Norm-Projekte anregen und zu DIN-Norm-Entwürfen Stellung nehmen. Hat sich eine DIN-Norm in Fachkreisen eingeführt, gilt sie als anerkannte Regel der Technik. Normen sind Teil der Infrastruktur der Technik.

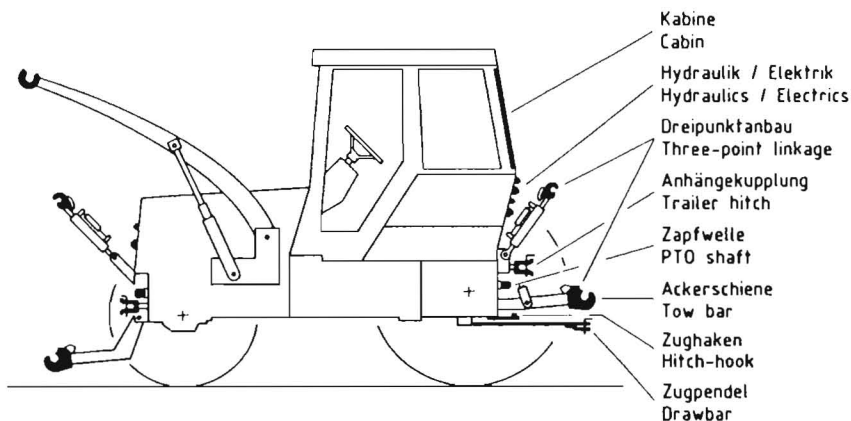
Die Normen der Landtechnik werden in rund 20 Ausschüssen und Arbeitsgruppen der Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper (NLA), erarbeitet. Die Normengruppe vertritt auch die deutschen Interessen in europäischen und internationalen Normungsgremien. Sie führt außerdem das Sekretariat verschiedener ISO-Sub-Komitees, (z. B. für Traktoren). Derzeit existieren etwa 100 DIN-Normen und etwa ebensoviele ISO-Normen. Aktuelle Informationen, Normenverzeichnisse, Bezugsquellen und das Arbeitsprogramm enthält die Broschüre „Landmaschinen und Traktoren; Normen, Entwürfe, Projekte; 1988“. Sie kann kostenlos bei der Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper bezogen werden.

Inhalte und Ziele der Normung

In Abhängigkeit von den Inhalten und den Zielen lassen sich die Normen in folgende Kategorien einteilen:

Austauschbarkeit, Schnittstellen – Landwirtschaftliche Traktoren sind universell einsetzbar. Sie bilden mit dem angebauten oder angehängten Gerät eine gebrauchsfertige Einheit. Die optimale Arbeitsweise des Gesamtsystems Traktor/Gerät hängt ganz entscheidend von der Einhaltung technischer Vereinbarungen – wie sie in Normen beschrieben sind – ab. Etwa 30% des Normenwerkes beziehen sich auf die Schnittstellen zwischen Traktor und Gerät (Bild 1).

Bild 1:
Schnittstellen
zwischen Traktor
und Gerät.



Ergonomie, Fahrerplatz, Sicherheit – Sicherheit und Komfort des Arbeitsplatzes sind für Hersteller und Anwender wichtige Anliegen. Bei der Gestaltung von Fahrerplätzen kann auf genormte ergonomische Grunddaten zurückgegriffen werden. Außerdem ist die Konkretisierung der in Unfallverhütungsvorschriften und sonstigen Arbeitsschutzbestimmungen enthaltenen Grundlagen in den sicherheitstechnischen Fachbereichsnormen beschrieben.

Gebrauchswertprüfungen – Ergebnisse von Gebrauchswertprüfungen sollten möglichst breite Anwendung finden, damit die meist aufwendigen Prüfungen nicht wiederholt werden müssen. Voraussetzung ist die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse, so daß genormte Prüfmethoden zur Verfügung stehen müssen. Hier ist z. B. der OECD-Test-Code zu nennen, der auf verschiedenen ISO-Normen basiert.

Maßnormen – Ein großer Anteil der Einzelteile eines Produktes besteht aus Normteilen. Neben den Grundnormen für Verbindungselemente, Wälzlager oder Halbzeuge gibt es eine Reihe von Fachnormen für Verschleißteile.

Verständigungsnormen – Die Sprache des Technikers ist die Zeichnung. Nur wer die Zeichnungsnormen kennt, versteht die Sprache. Die Verständigungsnormen der Landtechnik bilden in ähnlichem Sinne die Grundlage des landtechnischen Vokabulars.

Aktuelle Informationen zum Normenwerk

Europäische Normung (CEN) – Durch die beabsichtigte Einführung eines EG-Binnenmarktes bis 1992 und die neuen Harmonisierungspraktiken der EG-Kommission wird die europäische Normenarbeit aufgewertet. Satzungen und Geschäftsordnung sowie die grundlegenden Verfahrensweisen sind neu geordnet worden. Abstimmungen werden künftig mit qualifizierter Mehrheit bewertet. Große Industrieländer (z. B. Deutschland, Großbritannien, Frankreich) erhalten zehn Stimmen, kleine Industrieländer (z. B. Luxemburg) erhalten zwei Stimmen. Die nationalen Mitgliedskomitees sind verpflichtet, verabschiedete CEN-Normen in das nationale Normenwerk zu übernehmen. Es ist absehbar, daß die Normenarbeit im Fachbereich Landmaschinen und Traktoren von dieser Entwicklung tangiert wird. Die EG-Kommission hat das Recht, dem CEN Mandate zur Erarbeitung bestimmter Normen (z. B. Sicherheitsnormen) zur Konkretisierung von EG-Richtlinien zu erteilen.

ISO-Sicherheitsnormen – Die Internationale Normenorganisation (ISO) arbeitet an einem sicherheitstechnischen Regelwerk für Landmaschinen und Traktoren. Bisher ist ISO 4254 Teil 1 mit allgemeinen Sicherheitsanforderungen veröffentlicht worden. Ähnlich wie bei den nationalen Fachbereichsnormen der Reihe DIN 11000 und DIN 11001 sollen die allgemeinen Anforderungen in besonderen Normen für einzelne Produktgruppen konkretisiert werden. Für Geräte zur Ausbringung von flüssigem Ammoniak liegt eine fertige Norm vor, während die Vorschläge mit Sicherheitsanforderungen für Traktoren, für Saat- und Pflanzenpflagemaschinen sowie Düngerstreuer, für Bodenbearbeitungsgeräte, für Mähdrescher, Pflanzenschutzgeräte sowie für Forstwinden sich noch im Entwurfsstadium befinden. Der Beirat der Normengruppe Landmaschinen und Ackererschlepper hat empfohlen, die ISO-Sicherheitsnormen zügig zu verabschieden, damit sie als Basis für die CEN-Sicherheitsnormen dienen können.

Elektronische Schnittstellen – Im Juni 1986 hat sich die Arbeitsgruppe „Elektronische Schnittstellen“ konstituiert. Arbeitsgrundlage bildete das Ergebnis einer Umfrage bei den Herstellern von Traktoren und Landmaschinen. Die Normungsarbeiten wurden nach ihrer Dringlichkeit in eine „Sofortlösung“ und in eine „Langfristlösung“ eingeteilt. Mit der „Sofortlösung“ ist eine Schnittstelle beschrieben worden, die eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen Sender und Empfänger vorsieht. Zur Signal-Übertragung vom Traktor auf das Arbeitsgerät sind vorgesehen:

- die theoretische Vorfahrt (schlupfbehaltet)
- die tatsächliche Vorfahrt (schlupfflos)
- die Zapfwellendrehzahl
- die vertikale Lage des Dreipunktgestänges.

Die elektrotechnischen Grundlagen, wie Amplitude, Spannungspegel, Innenwiderstände, Schmutzwiderstände und die Belastung der Ausgangsstufen, wurden definiert. Gleiches gilt für die Signalform und die Übertragungsfrequenzen. Für die Verbindung des Traktors mit dem Gerät ist eine 7-polige Rundsteckvorrichtung vorgesehen. Zwei Kontakte sind für je einen Datenkanal (BUS) reserviert. Die Datenkanäle sind Bestandteil der „Langfristlösung“. Diese soll eine weitgehend rechnergestützte Regelung ermöglichen. Die Arbeitsgruppe „BUS-Schnittstelle“ hat hierzu ihre Arbeit aufgenommen. Zur Aufgabenstellung gehört auch die Definition einer Schnittstelle zwischen dem mobilen Prozeßrechner (z. B. des Traktors) und dem Betriebsrechner.

Dauerstrom-Versorgung des Gerätes – Zur Versorgung von Stellmotoren, Magnetventilen und anderen elektrischen Verbrauchern bei landwirtschaftlichen Geräten wird elektrische Energie aus dem Traktor-Bordnetz entnommen. Durch die zunehmende Fernbedienung von Gerätefunktionen und die Einführung elektronischer Komponenten ist eine „verlässliche“ Stromversorgung des Gerätes durch den Traktor erforderlich geworden. Hierzu wurde ein DIN-Norm-Entwurf ausgearbeitet. Über eine 2-polige Steckvorrichtung kann ein Dauerstrom von 25 Ampere übertragen werden. Ein dritter Kontakt steht für Schaltsignale bis zu 5 Ampere zur Verfügung. Die Steckdose wird innerhalb der Traktorkabine, gegebenenfalls eine zusätzliche Steckdose außerhalb der Kabine, angeordnet.

Hydraulische Zapfstelle am Traktor – Die vorhandenen Normen beziehen sich lediglich auf die Steckverbindungen zwischen Traktor und Gerät. Der hydraulische Ausrüstungszustand von Traktoren und Geräten ist sehr unterschiedlich. Dies gilt für die Anzahl der Zapfstellen, der Druckmittel-Verbraucher, der Volumenströme und der Betriebsdrücke. Daraus resultiert, daß Gerätehersteller schwer einschätzen können, welche Voraussetzungen an bestimmten Traktoren angetroffen werden. In einem DIN-Norm-Entwurf sind einheitliche Grundanforderungen aufgenommen worden. Zweck der Norm ist es, eine Grundlage für die Auslegung der hydraulischen Verbraucher und für die Auslegung der Verbindungseinrichtungen zur Verfügung zu stellen. Vorgesehen sind Anschlüsse für doppeltwirkende Verbraucher, vorzugsweise für Dauerverbraucher und doppeltwirkende Verbraucher für Stellfunktionen. Außerdem sind die Volumenströme, der Dauerarbeitsdruck und der Einstelldruck definiert.

Anhängevorrichtungen – Aufgrund der Diskussionen mit den Zulassungsbehörden und den Prüfstellen über Verbindungseinrichtungen für schwere Einachsanhänger wurde die Normung einer verstärkten Zugöse mit einer zugehörigen Mehrzweckkupplung aufgenommen. Die Entwürfe DIN 11026 (Zugöse) und DIN 11029 (Mehr-

zweckkupplung) wurden veröffentlicht. Auf Wunsch der Sachverständigen wird neben der nichtselbsttätigen Ausführung auch eine selbsttätige Anhängerkupplung vorgesehen. Hierzu liegt ein zweiter DIN-Norm-Entwurf vor.

Eine besondere Zugöse für Knickdeichseln an Ladewagen wird im Entwurf DIN 11043 beschrieben.

Frontanbau, Frontzapfwelle – Aufgrund des sich verbreitenden Frontanbaues von Geräten bei Standardtraktoren hatte sich das ISO/TC 23/SC 4 frühzeitig mit der Erarbeitung einer internationalen Norm befaßt. Ende 1985 wurden ISO 8754, Teil 1 und Teil 2, veröffentlicht. Die Anschlußmaße für den Geräteanbau stimmen mit denen der Kategorie 2 des Heck-Dreipunktanbaus (ISO 730/1) überein. Für die Frontzapfwelle wurde eine Drehzahl von 1000 min^{-1} mit dem zugehörigen Evolventenprofil festgelegt. Der Drehsinn ist „rechts“ und stimmt somit nicht mit den in Mitteleuropa praktizierten Lösungen überein. Vor allem anwendungsorientierte Argumente haben das ISO-Komitee zu diesem Beschluß veranlaßt. Die Technischen Ausschüsse diskutieren derzeit die Möglichkeit einer Übernahme in das nationale Normenwerk. Als nationale Besonderheit dürfte die Zulassung der Drehrichtung „links“ und die Verwendung des 6-teiligen Zapfwellenprofils für eine Übergangszeit unumgänglich sein.

Änderung des Sitzbezugspunktes – Bei Traktoren und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen wurde zur Fahrerplatzgestaltung, Sitzprüfung oder Sichtfeldmessungen als Bezugspunkt der Sitzreferenzpunkt (SRP) herangezogen. Dieser Bezugspunkt wurde sowohl in ISO-Normen, EG-Richtlinien und OECD-Richtlinien angewendet. Aus Gründen der Vereinheitlichung soll der bei den Baumaschinen verwendete Sitzindexpunkt (SIP) nun auch in der Landtechnik angewendet werden. Entsprechend einer vereinbarten Korrelation liegt der SI-Punkt 140 mm vor und 90 mm über dem SR-Punkt. Derzeit werden sämtliche betroffenen ISO-Normen umgestellt. Von der EG-Kommission und der OECD liegen Absichtserklärungen vor, ihre Richtlinien ebenfalls anzupassen.

1.5 Umwelttechnik

Die ständige Zunahme der Erkenntnisse über ökologische Zusammenhänge und insbesondere über die Folgen und Gefahren, die von Eingriffen in das Ökosystem ausgehen, spiegelt sich in dem wachsenden Umweltbewußtsein in allen Bereichen der Gesellschaft wider. Besonders die Landwirtschaft trägt ein hohes Maß an Verantwortung für den Schutz der Umwelt, da von landwirtschaftlichen Produktionsverfahren sowohl Gefahren ausgehen können, die sich unmittelbar auf den Menschen auswirken, als auch solche, die die natürlichen Funktionen der belebten und unbelebten Natur beeinträchtigen (**Tafel 1**). Hierzu äußerte sich ausführlich der von der Bundesregierung eingesetzte „Rat von Sachverständigen für Umweltfragen“ in seinem 1985 veröffentlichten Gutachten [1]. Darüber hinaus bildet die Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung [2] den Handlungsrahmen zur Abwehr von Schäden und zur Vorsorge auch gegen langfristige Gefahren und Risiken für den Boden.

Zum Schutz des Menschen und seiner Umwelt vor unmittelbarer Gefährdung sind in Gesetzen und Verordnungen Verhaltensgebote sowie ver-

bindliche Grenzwerte für Belastungen festgelegt. Regelwerke und Richtlinien vermitteln Anleitungen und Empfehlungen für verantwortungsvolles Handeln. Eine eingehende Erläuterung der die Landwirtschaft betreffenden Umweltvorschriften gibt Hötzel [3]. Darüber hinaus sind für den Bereich der Innenwirtschaft die umweltbezogenen Vorschriften ausführlich kommentiert [4].

Bei der Gestaltung der Produktionsverfahren im Hinblick auf die Vermeidung oder weitgehende Verminderung von Gefahren für die Umwelt kann die Technik einen entscheidenden Beitrag leisten. Im folgenden wird auf die in den einzelnen Problembereichen wichtigsten landtechnischen Aspekte nur in Kürze hingewiesen, da deren technische Details jeweils in den fachspezifischen Abschnitten dieses Jahrbuches behandelt werden.

Zum Stand des Wissens über Bodenverdichtungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zur ihrer Verhinderung fand 1986 ein Fachgespräch statt, dessen Beiträge in einer KTBL-Schrift [5] zusammengestellt sind. Weitere Erkenntnisse in diesem Problembereich werden von einem interdisziplinären Verbund-

Tafel 1: Problembereiche der Umweltgefährdung durch landwirtschaftliche Produktionsverfahren

Gefährdungsbereiche			
Boden	Wasser	Luft	Mensch Tier Pflanze Nahrung
Problembereiche			
<ul style="list-style-type: none"> – Verdichtung – Erosion – Schadstoffanreicherung <ul style="list-style-type: none"> ● Insektizide ● Fungizide ● Herbizide ● Pflanzennährstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> – Belastung mit <ul style="list-style-type: none"> ● Nitrat u. Phosphat (Überdüngung) ● Silagesickersaft ● Pflanzenbehandlungsmitteln ● Desinfektionsmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> – Aerosole von <ul style="list-style-type: none"> ● Pflanzenbehandlungsmitteln ● Flüssigdünger – Stäube – Gase – Geruch 	<ul style="list-style-type: none"> – Kontamination mit <ul style="list-style-type: none"> ● Pflanzenbehandlungsmitteln ● Keime, Parasiten, Viren ● Sporen, Schimmel ● Desinfektionsmitteln – Lärm <ul style="list-style-type: none"> ● Maschinen ● Tierhaltung

projekt [6] erwartet, das mit Förderung durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie 1987 begonnen wurde. Als wirkungsvolle technische Maßnahme gegen Bodenverdichtung und Erosion hat sich die konservierende Bodenbearbeitung erwiesen [7; 8].

Der Belastung von Boden und Grundwasser mit überschüssigen Mengen an Pflanzenbehandlungsmitteln und Pflanzennährstoffen wird begegnet durch gezielte und bedarfsgerechte Wirkstoff- und Düngieranwendung über exakte Positionierung, hohe Verteilgüte sowie Steuerung bzw. Regelung der Mengendosierung nach Sollwerten, wobei die Mikroelektronik bereits wesentliche Hilfe leistet [9].

Die von Rest- und Abfallstoffen aus der Pflanzen- und Tierproduktion ausgehenden Umweltbeeinträchtigungen (Belastung von Boden und Wasser, Geruch, pathogene Organismen) lassen sich durch geeignete Aufbereitungs- und Behandlungsverfahren (z. B. Separieren [10], Kompostieren [11], Belüften [12], Vergären [13] vermindern.

Über die Ausbreitung luftgetragener Schadstoffe und über die Anwenderexposition beim

Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln sowie bei Arbeiten mit Staubentwicklung wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Untersuchungen durchgeführt [9; 14; 15; 16], deren Ergebnisse nicht nur die von derartigen Emissionen ausgehenden gesundheitlichen Risiken verdeutlichen, sondern auch wichtige Hinweise für Schutzmaßnahmen geben.

Es ist zu erwarten, daß im Hinblick auf die Vermeidung von ökologischen Schäden und auf unmittelbare gesundheitliche Risiken die behördlichen Auflagen zur Verringerung schädlicher Stoffeinträge aus der Landwirtschaft in den Boden, in die Luft sowie in das Oberflächen- bzw. Grundwasser eine weitere Verschärfung erfahren werden. Dem Bodenschutz wird künftig eine erhöhte Bedeutung zukommen. Insbesondere aber bedarf es weiterer Anstrengungen, den in der Landwirtschaft arbeitenden Menschen vor schädigenden Einflüssen zu schützen. Arbeitsmethoden und Produktionsverfahren in der Landwirtschaft müssen diesen Forderungen gerecht werden; hierbei leistet die Technik eine entscheidende Hilfe.

2. Traktoren

2.1 Gesamtentwicklung

Allgemeines

Die im Inland zugelassenen Stückzahlen sind langfristig rückläufig (**Tafel 1**). Der Inlandsumsatz aller Firmen (incl. Importeure) blieb jedoch wegen zunehmender Motorleistungen und Traktorfunktionen seit einem Jahrzehnt mit etwa 1,5 Mrd. DM konstant. Importe hatten bei den Neuzulassungen der letzten Jahre etwa 23% Anteil [1]. Große Stückzahlleinbrüche ergaben sich auf dem Weltmarkt. Zwar steigerte die Bundesrepublik hier ihren relativen Anteil (vor allem auf Kosten der USA) von etwa 14% (1980) auf 19,3% (1986) – die absoluten Exportumsätze gingen jedoch nach langjähriger Steigerung 1986 erstmals zurück [2]. In den USA führte vor allem der zusammengebrochene Inlandsmarkt zu spektakulären Fabrik-schließungen [3; 4].

Die Traktorleistungen sind auch in neuerer Zeit entgegen manchen Prognosen weiter gestiegen. **Bild 1** zeigt ihre statistische Verteilung für die Inlandszulassungen mit einer Prognose für das Jahr 2000 [5]. Die stetig zurückgehende Zahl landwirtschaftlicher Betriebe bei gleichzeitig zunehmender Spezialisierung [6 bis 9] bedeutet kleinere Stückzahlen bei vergrößerter Funktionenvielfalt. Konsequenzen daraus wurden in

einer Podiumsdiskussion erörtert [10; 11]. Die frühere Massenproduktion weniger Typen wandelt sich zur maßgeschneiderten Einzelmontage mit entsprechend steigenden Anforderungen vor allem im Vertrieb und in der Produktion.

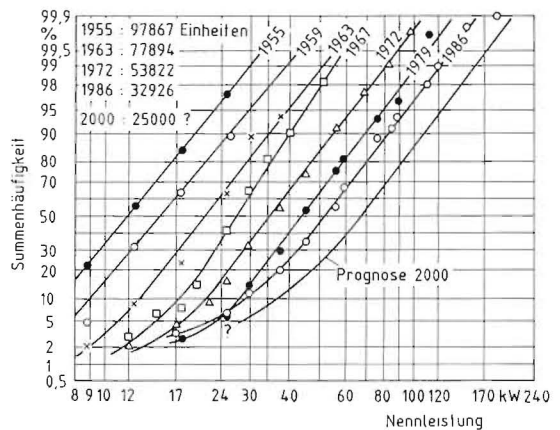


Bild 1: Verteilung der Stückzahl neu zugelassener Traktoren in der Bundesrepublik Deutschland für ausgewählte Jahrgänge. Gute Modellierbarkeit durch die sogenannte logarithmische Normalverteilung (Summenkurven werden Geraden in diesem Netz).

Tafel 1: Einige charakteristische Stückzahlen über den Traktorenmarkt aus der Sicht der Bundesrepublik Deutschland (nach KBA und LAV).

Jahr	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Neuzulassungen gesamt	41 098	41 380	45 567	34 773	34 770	32 936	33 142
davon Importe	7 982	8 298	9 075	7 865	7 978	7 521	7 263
Exporte (LAV-Firmen)	62 484	59 410	61 444	56 039	58 358	50 259	42 855
Besitzumschreibungen	63 394	63 376	66 211	64 572	65 235	65 671	66 558

Der Traktorenbestand stieg weiter leicht an mit einem Durchschnittsalter von etwas über 17 Jahren (geschätzt für 1. 1. 88). Der typische Ackerbau-Vollerwerbsbetrieb hat heute drei bis vier Traktoren, wobei der größte meist auch der neueste ist und häufig die höchste Jahresstundenzahl erreicht [12].

Die historische Entwicklung deutscher Firmen mit wichtigen Traktortypen wurde in mehreren Veröffentlichungen behandelt [12 bis 15].

Traktorkonzepte

Trotz der Vielfalt der Bauarten und Funktionen [14] erleichtert eine Einteilung der Traktoren in Grundfamilien nach wie vor die Strukturierung (Tafel 2). Die Leistungsgrenzen haben sich vor allem durch Aufladung bei 3-Zylinder-Traktoren weiter nach oben verschoben. Mehrere Hersteller haben ihre mittlere Familie II durch 6-Zylinder-Motoren kostengünstig zu einer Familie IIa aufgestockt [16]. Unterhalb von Familie I diskutiert man kleine, leichte und handliche 3- und 4-Zylinder-Traktoren, die eventuell hier in Zukunft eine eigenständige Familie 0 bilden. Ebenso gibt es oberhalb von Familie III bei einigen Firmen Großtraktoren, die man mit speziellen, in den Hauptfamilien nicht vorkommenden Komponenten ausstattet. Sondertraktoren (z. B. für Grünland, Plantagen und Weinbau) stellt man aus Kostengründen möglichst weitgehend mit Komponenten aus den Hauptfamilien I-III dar.

Die Landwirtschaft erwartet insgesamt eine noch weitergehende Spezialisierung der Traktoren – Vorschläge sprechen z. B. von den Kategorien „Zug- und Antriebsschlepper“, „Tragschlepper“ und „Hilfsschlepper“ [6; 8; 9]. Wie stark jedoch der Kostendruck zu einem ausgefeilten

Baukastensystem zwingt, zeigt z. B. die in Blockbauweise an Standardtraktoren angelehnte neue obere Intrac-Reihe von KHD [17; 18] (85 und 110 kW) oder auch die neue untere Baureihe „Farmer 200“ von Fendt [19] (30-59 kW). Die klassische Blockbauweise wurde auch bei der völlig neu gestalteten Baureihe „3000“ von MF (50-79 kW) beibehalten [20].

Bei Großtraktoren erregte ein neuer Gleiskettentraktor von Caterpillar/USA internationales Aufsehen: Mit armierter „Gummikette“, 189 kW Nennleistung, 13,5 t Gewicht und 29,3 km/h Höchstgeschwindigkeit tritt er in den Großflächenmärkten in Wettbewerb mit konventionellen Konzepten [21]. Demgegenüber befinden sich große Breitspurgeräteträger weiterhin im Experimentierstadium [22].

Traktorkomponenten

Modellgesetze weisen aus, daß der Aufwand für die Reifen mit Vergrößerung der Maschinen nicht nur linear, sondern überproportional ansteigen muß, wenn der Bodendruck gleichbleiben soll. Spezialreifen extremer Breite (z. B. Marke „Terra-reifen“) wendet man wegen der hohen Kosten, der begrenzten Straßentauglichkeit und der großen Baubreiten nur in kleinen Stückzahlen an [16]. Als Kompromiß gewinnen Universalreifen mit weiter vergrößerter Breite an Bedeutung.

Beim Allradantrieb gelten Zentralwelle, Wendigkeit (50° Radeinschlag innen) und kompakte Bauweise als Stand der Technik. Neuerdings verbesserte man die Steuerung beispielsweise durch automatisches Ausschalten bei schneller Straßenfahrt [20] oder bei kleinen Wenderadien [19]. Ein japanischer Hersteller führte zur besseren Kurvenfahrt eine „Overdrive“-Stufe im Allradan-

Tafel 2: Typische Struktur europäischer Traktorenbaureihen (Modell)

Familie	(0) ▼	I	II	IIa	III	(G) ▼
Nennleistung kW		25-50	45-70	(75-85)	70-130	
Motor*		3 Zyl. teilw. ATL	4 Zyl. teilw. ATL	(6 Zyl.)	6 Zyl. oft ATL teilw. LLK	
Traktortechnik		einfach bis mittel	vielfältig		vielfältig	
Komfort		mittel	groß		sehr groß	
Stückzahl		mittel	groß		mittel	
*) ATL = Abgasturbolader, LLK = Ladeluftkühlung						

trieb ein, die bei inneren Lenkwinkeln von über 40° automatisch eingeschaltet wird (Bild 2). Sperrbare Zwischenachs-Differentialgetriebe scheitern bisher an den Gegebenheiten der Blockbauweise bzw. den damit verbundenen Getriebekonzepten.

Bei den Bremsen geht der Trend langsam, aber erkennbar zu „nassen“, d. h. im Ölbad laufenden Scheiben. Geringe Scheibenzahl (möglichst nur eine) und große Lüftspalte (möglichst Zwangslüftung) dienen zur Verringerung der für Straßenfahrt zu beachtenden Leerlaufverluste. Der hohe Anteil von 40 km/h-Traktoren (im deutschen Markt bei gängigen Neutraktoren bis über 95%) führte zu einer unerwartet gestiegenen Bedeutung der Vierrad-Bremstechnik. Neben der kostengünstigen „Kardanwellenbremse“ (meist als trockene Teilscheibenbremse) sind jetzt mehrere Firmen zu der ebenfalls relativ einfachen automatischen Aktivierung des Allradantriebes beim Bremsen [23] übergegangen. Das für die Praxis bedeutende Bremsverhalten landwirtschaftlicher Züge wurde erforscht [24].

Bei den Motoren haben sich die Nenndrehzahlen aus Geräusch- und Verbrauchsgründen nicht erhöht, während die sogenannten Drehmomentanstiege leicht zunahm. Luftgekühlte Motoren erweisen sich wegen der kurzen Baulänge für kompakte Fahrzeugkonzepte als vorteilhaft. Insgesamt gewann die Aufladung weiter an Bedeutung.

Beim Fahrgetriebe des Durchschnittstraktors erwartet der Landwirt seit einigen Jahren ein Angebot der Nennfahrgeschwindigkeit von etwa (0,5) 2,4 bis (30) 40 km/h [14]. Die Getriebe bieten durchschnittlich etwa 16 bis 24 Vorwärtsstufen an, wobei der Trend zur Synchronisierung aller Schaltstellen anhält. Der Anteil von Getrieben mit Lastschaltung ist im Inland gering (Größenordnung 10%), jedoch im oberen Leistungsbereich leicht steigend. Bedeutend weiterentwickelt hat sich die Technik der Zapfwellen als Folge des wichtiger gewordenen direkten Antriebs von Geräten.

Der Fahrerplatz wurde noch leiser: Werte unter 80 dB(A) nach OECD-Test werden vom Landwirt für größere Traktoren vorausgesetzt – einige Hersteller bieten diesen Standard auch schon in der Mittelklasse. Zur Reduzierung der Schwingungsbelastung stellte Renault als erster eine weich gefederte und gedämpfte Kabine auf der SIMA 1987 vor, nachdem die Vorteile aus wissenschaftlichen Arbeiten bekannt waren [25]. Leider ist das

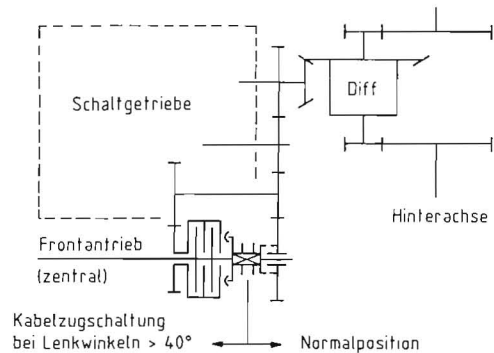


Bild 2: Allrad-Overdrive, Bauart „Double Speed Turn (DST)“ des japanischen Herstellers Kubota. Einführung stufenweise ab Juli 1986 bis Ende 1987 bei allen Allradtraktoren von 10 bis 77 kW.

Gesamtfahrzeug etwas schwerer und teurer. Gefederte Vorderachsen reduzieren ebenfalls die Schwingungsbeanspruchung des Fahrers, aber nicht so stark. Dafür konnte man hier eine bedeutend verbesserte Fahrsicherheit nachweisen [25 bis 27].

Einen besonderen Schwerpunkt vieler Untersuchungen und Entwicklungen stellt die Einführung der Elektronik dar [28 bis 31]. Auf dem Wege von der Fahrerinformation zur Prozeßoptimierung mit Datenspeicherung [9] bemüht man sich um brauchbare mathematische Modelle für den Einsatz von Traktor und Gerät [32 bis 34]. Die Automatisierung von Schaltungen im Traktorantriebsstrang setzt aufwendige fremdkraftbetätigte Reibungskupplungen voraus [35]. Die Steuerung und Überwachung der Geräte erfolgt heute zentral von der Traktorkabine aus.

Die herkömmlichen „Schnittstellen“ zwischen Traktor und Gerät werden durch elektrische Arbeitsstromsteckdosen und ebenso durch elektronische Kommunikationsanschlüsse ergänzt [36].

Die Traktorhydraulik verzeichnet immer noch eine leicht steigende Bedeutung. Kreislaufsysteme mit mehr Förderstrom, größerer Verbraucherzahl und verbesserter Steuerbarkeit dienen zur Versorgung der fast zum Standard gewordenen hydrostatischen Hilfskraftlenkung, des Heckkrafthebers, des zunehmend mitgelieferten Frontkrafthebers, des nach wie vor beliebten Frontladers sowie zur Steuerung und Energieversorgung vielfältiger Geräte. Elektronisch oder servohydraulisch geregelte Heckkraftheber mauserten sich vom Pilotstadium zur Großserienproduktion.

Fendt stellte auf der Agritechnica 1987 für die obere Reihe einen hydrostatischen Zusatzantrieb vor.

Verstärkt bemühte man sich um eine praxisgerechte Handhabung, Wartung und Reparatur der Traktoren [37 bis 39]. Das „Do-it-yourself“-

Prinzip gewinnt durch verschiedene Einflüsse an Bedeutung. Arbeitshandbücher erreichen beträchtliche Auflagen [40]; die BayWa berichtet, daß über die Hälfte des Ersatzteilgeschäftes bereits direkt mit Landwirten abgewickelt wird.

2.2 Motor und Getriebe

Entwicklung der Dieselmotoren

Die Abgas-Turboaufladung gewann nun auch bei Dreizylindern an Bedeutung [1]. Motiv sind hier nicht die Motorkosten, sondern eher die kompakte Bauweise des Gesamtfahrzeugs. Im Interesse niedriger Geräuschpegel und günstiger Kraftstoffverbräuche stagnierten die Nenndrehzahlen um 2000 bis 2500/min [2]. Demgegenüber stiegen die sogenannten Drehmomentanstiege noch leicht an auf einen Standard um 12 bis 15%. Auch der Vollast-Drehmomentverlauf wurde häufig verbessert, wobei man hohe Drehmomentanstiege ab etwa 15% zunehmend zur Ausbildung eines kleinen oberen Drehzahlbereiches konstanter Leistung ausnutzt (z. B. von 2000 bis 2300/min) [3]. Die günstigsten spezifischen Kraftstoffverbräuche bewegen sich nahe an 200 g/kWh; Steyr hat nach eigenen Angaben zum ersten Mal mit einem großen Traktor diese Schwelle im OECD-Test unterschritten. Bei Weiterentwicklungen beachtet man zunehmend die große Bedeutung des Teillastbetriebes mit Hilfe des sogenannten „5-Punkte-Mischver-

brauchs“ [4]. Die Isolierung der Brennraumwände mit Keramik brachte nach neuesten, vielbeachteten Untersuchungen [5] keine Verbrauchsvorteile, sondern bei einem Saugmotor sogar einen Mehrverbrauch von 15 g/kWh. Demgegenüber bringen Auskleidungen des Abgaskanals bei Turboaufladung Vorteile [6]. Vom Traktordieselmotor verlangt man heute eine „B10-Lebensdauer“ (90% Wahrscheinlichkeit) von etwa 6000 Stunden bis zur ersten Überholung [2; 7].

Zur Reduzierung der Schadstoffe befinden sich Rußfilter in Erprobung [2] (**Bild 1**), die gleichzeitig über eine modifizierte Verbrennung eine NO_x -Minderung erlauben würden [8], aber noch Freibrennprobleme aufweisen. Auch erhöhte Einspritzdrücke wurden zur Optimierung des Verbrennungsablaufs eingeführt. Alle großen Firmen arbeiten an leiseren Motoren; größere Geräuschabsenkungen bedingen neue Konzepte [9]. Schwerpunkt der landtechnischen Motorforschung ist derzeit vor allem die Eignung für nachwachsende Rohstoffe [10 bis 22]. Unbehandeltes Pflanzenöl würde die geringsten Zusatzkosten ergeben, eignet sich aber nicht für Serienmotoren (Ablagerungen), obwohl das Leistungs- und Abgasverhalten meist auf Anhieb befriedigend ausfällt. Der sogenannte „Elsbett-Motor“ (Prototypen) soll natürliches Öl problemlos verarbeiten können [22], im Traktorenbau liegen aber noch keinerlei Erfahrungen vor. Behandelte Pflanzenöle (z. B. verestertes Rapsöl) führten bei Serienmotoren zu teilweise bemerkenswerten Laufzeiten. Das größte Problem erscheint jedoch auch auf längere Sicht kaum lösbar: der gegenüber Dieselöl drastisch höhere Preis.



Bild 1: Monolith-Rußfilter-Einsatz für Dieselmotoren, Bauart Degussa (Werkbild).

Entwicklung der Traktorgetriebe

Bei dieser bedeutendsten Baugruppe des Traktors (Wertanteil ca. 25 bis 30%) gab es trotz

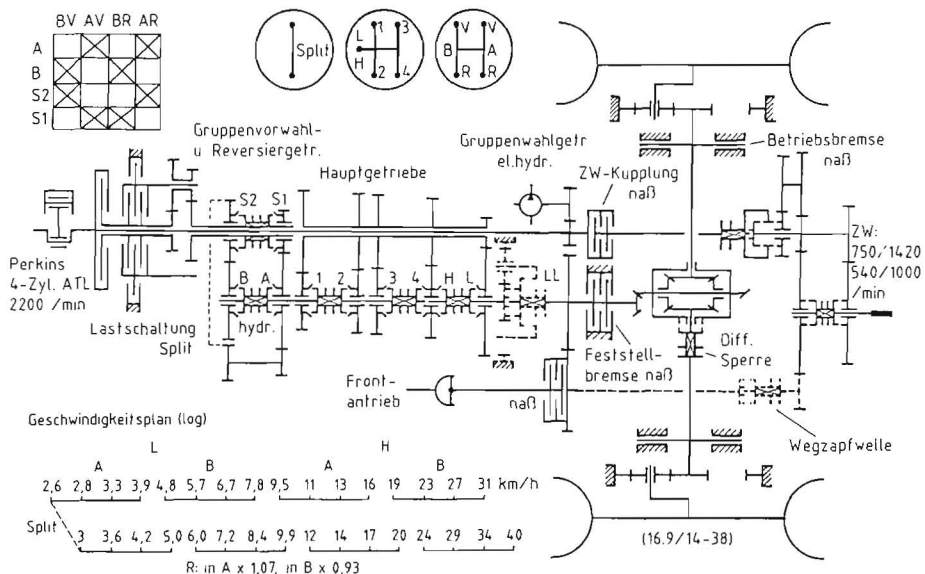


Bild 2: 32/32 Vollsynchrogetriebe mit Reversiereinrichtung Bauart Massey-Ferguson (neue Traktorbaureihe 3000, 1987).

des schwierigen Marktes beachtliche Neuheiten. Ende 1986 stellte Massey-Ferguson für die obere Mittelklasse (50 bis 79 kW) ein in Frankreich neu entwickeltes Konzept vor (Bild 2), das man in Deutschland mit 32 reversierbaren Stufen anbietet: Alle Schaltstellen synchronisiert, Zweifachlastschaltung, konstruktiv elegante Reversiervorrichtung, Vierfachzapfwelle und interessante elektronische Funktionen [23]. Fendt überraschte auf der Agritechnica '87 mit dem sogenannten „Duo-speed-Getriebe“ für die obere Reihe (92 bis 136 kW), bei dem man an das herkömmliche Stufengetriebe ZP T-3000 einen zusätzlichen hydrostatischen Fahrtrieb anbaute, der dem Fahrer zusätzlich vier stufenlose Fahrbereiche gestattet und Erntearbeiten (auch rückwärts) erleichtern soll [24]. In den USA stellte Case-IH Ende 1987 mit der neuen oberen Traktorenbaureihe „Magnum“ (97 bis 145 PTO-kW) ein durch 18 Gänge unter Last schaltbares Getriebe vor, das auf dem „Synchro Tri-Six“-Getriebe von 1981 aufbaut [25]. Fiat kündigte auf der Agritechnica '87 die Einführung einer Zweistufenlastschaltung für die Mittelklasse an, nachdem man im oberen Leistungsbereich bereits serienmäßig mit Vierfachlastschaltung arbeitet. Das seit 1984 angekündigte T-6500 der Zahnradfabrik Passau [26] wird inzwischen in kleinen Stückzahlen produziert. Schlüter bietet für die von ZP bezogenen Getriebe der Baureihe T-3000 eine eigene Zweistufenlastschaltung an, die man mit Hilfe der herkömmlichen Doppel-

kupplung darstellte (Zapfwelle mit Lamellenkupplung).

Allgemein hat sich in der Bundesrepublik die 40 km/h-Technik schneller als erwartet durchgesetzt – fast alle Firmen haben ihre Getriebe entsprechend modifiziert [23; 26; 27].

Die zunehmende Bedeutung direkt angetriebener Geräte bewirkte eine immer aufwendigere Zapfwellenteknik mit bis zu vier Drehzahlen umschaltbar von einem Stummel [28]. Vorreiter sind vor allem Fendt, Steyr, MF sowie japanische Firmen. Hauptmotive bestehen im Kraftstoffsparen und Geräuschabsenken, (Zusatzstufen für 540 und 1000/min Normdrehzahl bei erheblich reduzierter Motordrehzahl). Wegen des gestiegenen Raumbedarfs arbeitet man zunehmend mit einer Kernwelle, die durch das Fahrgetriebe (Hohlwelle) zu hinten angeordneten Radsätzen führt.

Für den Landwirt hat die richtige Auswahl und Handhabung der Getriebe hohen Stellenwert [23; 26; 27; 29; 30]. Dem Wunsch nach guten Wirkungsgraden kommen die Hersteller durch systematische Verlustminimierungen entgegen [31; 32], wobei man die Tauchschmierung immer mehr durch Zentralschmierung mit Feinfiltration ersetzt [26] und auch synthetische Öle diskutiert [33]. Zur verbesserten Dimensionierung der Getriebeelemente wurden die Grundlagen für trockene Kupplungen [34 bis 36], Zahnräder [38 bis 40] und Wälzlager [41 bis 43] bedeutend weiterentwickelt.

2.3 Reifen – Reifen/Boden-Verhalten

Allgemeines

Mit größerer Motorleistung und schwereren Anbaugeräten stiegen auch die Schleppergewichte und die Radlasten an. Damit werden Reifen mit höherer Tragfähigkeit notwendig. Sie hängt unter anderem von Volumen, Durchmesser, Reifenbreite und Innendruck ab. Nachdem der Innendruck auf dem Feld möglichst niedrig sein soll, müssen Durchmesser oder Breite erhöht werden. Eine Durchmesser-Vergrößerung ist nicht so wirksam und außerdem teurer. Eine Reifenverbreiterung hat ihre Grenzen in der Gesamtbreite des Fahrzeugs (2,5 bzw. 3 m). Dabei geht die Querschnittsform (Querschnittshöhe/Querschnittsbreite) zu niedrigeren Werten von 60 bis 70%.

Für die Erstausrüstung von Traktoren wurden in der Bundesrepublik von den zehn größten inländischen Reifenherstellern 1985 etwa 265 000 Reifen geliefert [1]. 1986 waren es 238 000 und 1987 rund 203 000 Reifen. Das Ersatzgeschäft lag einschließlich Importe bei 165 000 (1985), 140 000 (1986) und bei 158 000 (1987). Der Anteil an Radialreifen steigt ständig. In der Erstausrüstung lag er bei 54% (1985), 55% (1986) und etwa 60% (1987). Im Ersatzgeschäft sind die Radialreifen-Anteile 34% (1985), 36% (1986) und 41% (1987). Da der

Allradanteil bei den Neuzulassungen bereits 70 bis 75% beträgt, bleibt für die Traktorfrontreifen nur ein Anteil von etwa 15% übrig.

In der Normung wurde neben einem neuen Entwurf von DIN 7808 AS-Lenkradreifen ein Reifen-Indexradius (daraus Abrollumfang) neu eingeführt (WDK-Leitlinie 154). Nach ECE-Regelung 54 wird die frühere Reifen-Tragfähigkeit (PR) neuerdings mit dem Lastindex LI gekennzeichnet (z. B. LI 132 = 2000 kg). Ebenso gilt ein neues Geschwindigkeitssymbol (z. B. A8 = 40 km/h) [2].

Entwicklung neuer Reifen

Im Vordergrund steht die Bodendruckverminderung bei großen Lasten. Die Firmen Kleber und Continental favorisieren Zwillingsreifen (Innendruck 0,8 – 1 bar) als optimale Lösung. Vorteile: Keine zusätzlichen Spezialreifen. Nachteil: Anbau/Abbau und umständliche Luftdruckverstellung auf dem Feld. Michelin bietet eine neue Version T2 (bis 50 km/h) der Radial-Treibradreifen an: Verbesserung der Straßenlaufeigenschaften durch einen zusätzlichen Stollen, Vergrößerung der Zugfähigkeit durch eine größere Reifeneinfederung und damit größere Aufstandsfläche. Außerdem wurden Breitreifen entwickelt, die bei erheblich niedrigeren Innendruckten nicht den








Reifentyp	Standard-	Zwilling-	Breitreifen			Niederdruck-Breitreifen	
Reifenbezeichnung	18.4 R 38 Radial	18.4 R 38 Radial	20.8/70x38 Radial	650/60-38 Diagonal	30.5 LR 32 Radial	66x43-25 Diag./Terra	1700x1100-635 LIM LGP
							
Gewicht Reifen/Felge [kg]	250	500	300	325	425	450	350
Belastung [kg]	2500	1375	2550	2575	2675	2700	2600
Innendruck [bar]	1,4	0,8	1,2	0,8	0,6	0,4	0,4
Kontaktfläche [cm ²] harte Fahrbahn	2020	1650	2460	3020	3220	3950	4570
Bodendruck [bar]	1,24	0,83	1,04	0,85	0,84	0,68	0,57

Bild 1: Bodendrucke verschiedener Reifentypen auf starrer Fahrbahn nach Angaben der Fa. Lim.



Bild 2: Zweiachsmäher beim Mähen im Feuchtegebiet. Bestückung mit kleinen Terrareifen (Werkbild Fa. Goodyear).



Bild 3: Traktor der Firma Schlüter mit Kunststoff-Niederdruck-Breitreifen bestückt (Werkbild Fa. Lim).

Nachteil übergroßer Breiten der Niederdruck-Breitreifen aufweisen. Bei 3100 kg Belastung wurde für einen Reifen 20,8 R 38 (1,2 bar Innendruck) in 20 cm Tiefe ein Bodendruck von 1,6 bar, für den neuen Breitreifen nur ein Druck von 0,9 bar gemessen.

Ein Treibrad-Breitreifen mit der Bezeichnung z. B. 650/60-38 wird von Trelleborg als „Twin“-Reifen angeboten. Er soll auf fester Fahrbahn den gleichen Bodendruck wie ein Zwillingsreifen haben (Bild 1). Goodyear war der erste Hersteller von Niederdruck-Breitreifen (Terrareifen). Dem Vorteil der großen Tragfähigkeit bei sehr niedrigen Innen- und Bodendrücken steht der Nachteil der übergroßen Breite im Straßenverkehr und der hohe Preis gegenüber. Auch kleine Terrareifen finden in selbstfahrenden Fahrzeugen ihre Anwendung (Bild 2).

Der neueste Reifen dürfte ein Vollkunststoffreifen der Firma Lim (Vertrieb Metallbau Grasdorf) sein (Bild 3). Material: Polyurethan. Im Verschleißtest soll der Kunststoffreifen nach 600 Stunden Fahrt mit 8 km/h bei voller Belastung nur 1,56 mm Abrieb gegenüber 2,46 mm bei einem Reifen mit bisher üblichem Material haben. Die Zugkraft liegt nach Angabe der Herstellerfirma auf harter Fahrbahn 20%, auf weichem Boden 30 bis 40% höher als bei Vergleichsreifen. Diese Reifen kommen demnächst in den Handel.

Forschungsschwerpunkte und praktische Erfahrungen

Die Bodenverdichtung soll durch eine Indexzahl [3] erfaßt werden. Breitere Reifen verhindern Oberbodenverdichtungen, für Verdichtung im Unterboden ist in größerem Maße die Radlast verantwortlich [4 bis 7]. Schlepper erzeugen kleinere

Bodendrücke als Anhänger mit ihren höheren Achslasten und Innendrücken [8]. Verdichtung und Bodendruck werden sowohl indirekt durch Penetrometermessungen [9 bis 11] als auch direkt mit Meßgebern [12], darunter mit einer am Institut für Landmaschinen der TU München entwickelten Bodendrucksonde [13 bis 15] oder durch Berechnung mit der FEM-Methode ermittelt [16]. Über eine neue Methode der Spannungs- und Verformungsmessung an Reifen durch Akustikgeber im Reifeninnenraum berichten [17 bis 19]. Messungen der Reifenaufstandsfläche auf starrer und nachgiebiger Fahrbahn mit Entwicklung von Berechnungsformeln sind in [20 bis 23] beschrieben.

Für die Zugkraftermittlung wurden neue Meßmethoden gefunden [24 bis 28]. Eine Zugkraft-erhöhung und die Grenzen am Hang zeigen [29; 30]. Niederdruck-Breitreifen haben im allgemeinen geringere Zugkräfte als Standardreifen [31]. Der Rollwiderstand [32; 33] an Forstreifen ist größer als an Treibradreifen [34]. Bezüglich der Lenk- und Seitenkräfte an Reifen werden sowohl neue Theorien [35 bis 37] als auch Meßergebnisse vorgestellt [38; 39]. Weiterhin wird über Kräfte an Knickschlepperreifen [40; 41] berichtet. Bei Verwendung von Zwillingsrädern ergibt sich wohl ein geringerer Bodendruck, aber keine Verbesserung der Zugkraft [42 bis 44]. Ähnlich reduzieren Breitreifen und Niederdruckbreitreifen den Bodendruck, sind jedoch verhältnismäßig teuer [9; 45 bis 51]. Eine Neuentwicklung ist der Prototyp einer Luftdruckverstellung auf dem Feld [52; 53]. Über Schwingungsmessungen und Dämpfung an AS-Reifen wird berichtet [54 bis 56]. Der Abrieb an AS-Reifen ist bei Radial- und Diagonalreifen bis 4000 km etwa gleich, bei 10000 km jedoch beim Diagonalreifen doppelt so groß wie beim

Radialreifen [57]. Mit Allradantrieb ist bei 2,7% Vorlauf der Verschleiß an der Vorderachse nach 2000 km sechsmal größer als ohne [58]. Ein neuartiges, elastisches „Bandrad“ (Loopwheel)

wird als federnder, großflächiger Ersatz für Traktorreifen diskutiert [59]. Ob ein Fahren in Fahrgassen in jedem Fall sinnvoll ist, ist bezüglich Bodenverdichtung noch nicht voll geklärt [60].

2.4 Schlepperhydraulik

Allgemeines

Im Laufe der Nachkriegsjahre hat sich die Ölhdraulik gegenüber mechanischen und pneumatischen Antrieben durchgesetzt; sie ist mittlerweile zu einem wesentlichen Bestandteil moderner Schlepperkonstruktionen geworden (**Bild 1**).

Den Funktionen entsprechend läßt sich folgende Unterteilung der Hydraulik vornehmen [1]:

- Arbeitshydraulik für Kraftheber, Frontlader und Geräteversorgung über hydraulische Steckkupplungen
- Komforthydraulik für Lenkung und Schalthilfen
- Fahrhydraulik, die derzeit für den Standardschlepper ohne Bedeutung ist.

Die Arbeitshydraulik muß entsprechend den universellen Einsatzmöglichkeiten heutiger Schlepper sehr verschiedenen Anforderungen genügen – für den Antrieb angehängter Landmaschinen oder Geräte, wie beispielsweise Siloblocksneider, Mähwerke, Ladewagen, Rüben- und Kartoffelernter müssen hohe Volumenströme, ausreichende Drücke, Ölvolumina und Rückkühlleistungen vorhanden sein.

Das bei den deutschen und europäischen Schlepperherstellern vorherrschende Hydrauliksystem ist das Konstantstrom- oder Open-Center-System. Dabei versorgen ein bis drei Zahnradpumpen mit konstantem Verdrängungsvolumen sowohl die hydrostatische Lenkung als auch die Arbeitshydraulik mit den notwendigen Volumenströmen. Zur Reduzierung der systembedingten Verluste, die durch den ständig von der Pumpe gelieferten Volumenstrom entstehen, wurden in der Vergangenheit Schaltungen, wie z. B. die Neutralumlaufdruckreduzierung [2] verwirklicht. Auch wurde versucht, durch automatisches Zusammenschalten mehrerer Kreisläufe eine bessere Ausnutzung der Hydraulikpumpen zu erreichen [3].

Aufgrund der hohen Anforderungen, die in den USA an die Traktorhydraulik gestellt werden, haben amerikanische Schlepperhersteller schon frühzeitig auch Verstellpumpen in ihren Traktor installiert, die nur die von den Verbrauchern jeweils benötigten Ölvolumenströme liefern. Es kommen hier Konstantdrucksysteme und auch Load-Sensing-Systeme zum Einsatz (Load-Sensing: lastführend). Obwohl diese Systeme zum Teil eine

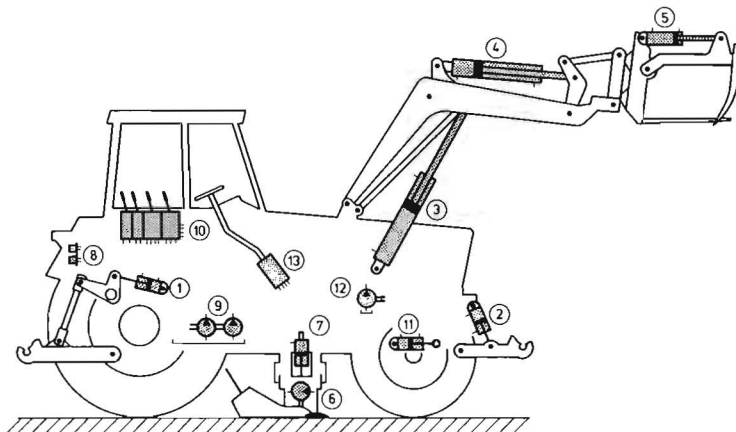


Bild 1: Schematische Darstellung der Hydraulikelemente am Schlepper

- 1 Heck-Kraftheber
- 2 Front-Kraftheber
- 3 Frontlader-Hubzylinder
- 4 Frontlader-Knickzylinder
- 5 Silagegabelzylinder
- 6 Mähwerksantrieb
- 7 Mähwerksaushub
- 8 hydr. Steckdosen
- 9 Pumpen für Arbeitshydr.
- 10 Wegeventile für Arbeitshydr.
- 11 Lenkung
- 12 Pumpe für Lenkung
- 13 Lenkventil

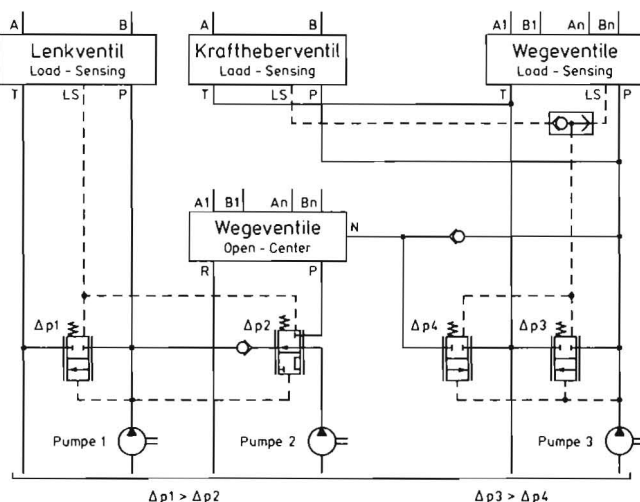


Bild 2: Zukünftiges Load-Sensing-Schlepperhydrauliksystem mit drei Konstantvolumenpumpen. Der Volumenstrom von Pumpe 2 kann dem Lenkkreis und dem Hauptarbeitskreis zugeregelt werden nach [6].

sehr gute Anpassung an die jeweiligen Betriebsbedingungen ermöglichen und daher energetisch günstiger arbeiten können, stehen die meisten europäischen Schlepperhersteller den Verstellpumpensystemen bisher noch skeptisch gegenüber. Die derzeit ungünstige Absatzlage auf dem Schleppermarkt und die niedrigen Treibstoffpreise waren bisher Haupthemmnisse bei der Einführung teurer aber energiesparender Verstellpumpenhydrauliksysteme.

Dennoch wurde in den vergangenen Jahren eine öffentliche Diskussion über mögliche Schlepperhydrauliksysteme mit niedrigeren systembedingten Verlusten geführt. Hier sind im wesentlichen die Veröffentlichungen [4 bis 6] zu nennen. In [4] wurden im praktischen Versuch die Lastkollektive für ein herkömmliches Open-Center-System und ein Load-Sensing-Verstellpumpensystem ermittelt. Auf der Grundlage dieser Lastspektren wurden verschiedene Hydraulikvarianten rechnerisch verglichen. Auch in [6] wurde ein umfangreicher rechnerischer Vergleich von zehn unterschiedlichen Hydrauliksystemen durchgeführt. Übereinstimmend wurden mit einem Einpumpen-Load-Sensing-System Energieeinsparungen bis zu 60% gegenüber dem herkömmlichen Open-Center-System errechnet. Nach [6] kann aber auch ein Load-Sensing-System mit mehreren Konstantpumpen vergleichbare Energieeinsparungen bewirken – insbesondere dann, wenn ein hydraulisches Vorfördersystem für das Einpumpen-Load-Sensing-System erforderlich ist.

Bild 2 zeigt ein mögliches Dreikreis-System dieser Art. Bei niedriger Motordrehzahl kann der Leerkreislauf aus einem Arbeitskreislauf der Pumpe 2 die erforderliche Differenzmenge entnehmen. Die Restölmenge von Pumpe 2 kann auch dem Hauptarbeitskreislauf von Pumpe 3 bei Bedarf zugeführt werden. Die Hydraulikkomponenten für das im Bild gezeigte System und für ein Einpumpen-Load-Sensing-Verstellpumpensystem sind von den Hydraulikherstellern bis zur Serienreife entwickelt worden. Trotz intensiver Entwicklungsarbeit seitens der Schlepperhersteller sind bisher jedoch in der Bundesrepublik noch keine derartigen Systeme in der Schlepperserie. Dennoch kann bei neuen Getriebekonstruktionen beobachtet werden, daß hier häufig bereits Voraussetzungen geschaffen sind, die eine Verwendung von Axialkolbenverstellpumpen möglich machen. So werden die Pumpen nicht mehr am Motor angeflanscht, sondern seitlich am Getriebe, so daß die Möglichkeit besteht, auch größere Pumpen-Ventileinheiten anzubauen, ohne daß vom Bauraum enge Grenzen gesetzt sind. Darüber hinaus ergeben sich kürzere Rohrverbindungen und bessere Ansaugbedingungen durch die tiefliegende Anordnung.

Fahrhydraulik

Schon 1965 wurde der vollhydraulische Fahrtrieb für landwirtschaftliche Schlepper vorgestellt. Aufgrund seiner schlechten Wirkungsgrade konnte er sich aber nicht am Markt behaupten. Dagegen wurden 1969 in den USA Kleinschlepper

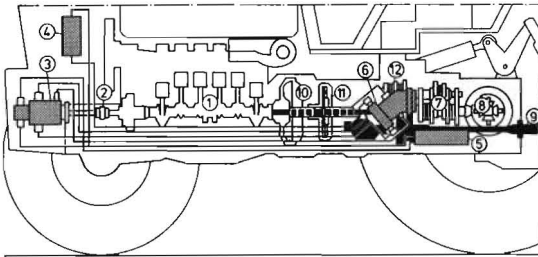


Bild 3: Hydrostatischer Fahrantrieb als Zusatzausrüstung am Ackerschlepper („Duospeed-Getriebe“ nach Fendt)

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Dieselmotor | 7 Wechselgetriebe |
| 2 Antriebswelle für Pumpe | 8 Differential |
| 3 Schrägscheibenverstellpumpe | 9 Zapfwelle |
| 4 Ölkühler | 10 Turbokupplung |
| 5 Ölbehälter | 11 Fahrkupplung |
| 6 Schrägachsenkonstantmotor | 12 Feinstufen- und Wendegertriebe |

per mit hydrostatischem Getriebe in beträchtlichen Stückzahlen (etwa 100 000 Stück) verkauft. Seitdem hat sich dieses Getriebekonzept aufgrund seiner guten Bedienbarkeit für Kleinschlepper, also nicht landwirtschaftliche Schlepper, erhalten.

Auf der Agritechnica '87 wurde von Firma Fendt erstmals wieder ein leistungsstarker Standardschlepper mit hydrostatischem Fahrantrieb vorgestellt. Dieser hydraulische Antrieb ist als Zusatzausrüstung parallel zum herkömmlichen Getriebe angeordnet und kann also alternativ zum mechanischen Getriebe genutzt werden. Vorteile bieten sich bei schweren Zapfwellenarbeiten wie Häckseln, Pressen oder Bestellarbeiten mit schweren rotierenden Saatbettkombinationen, da die Schlepperleistung durch diesen Antrieb wegen seiner stufenlosen Einstellbarkeit optimaler ausgenutzt werden kann. Bild 3 zeigt die Anordnung der Schrägscheibenaxialkolbenpumpe vor dem Verbrennungsmotor und den Schrägachsenkonstantmotor, der von der Seite aus Zahnräder im Hauptgetriebe antreibt. Vier stufenlose Geschwindigkeitsbereiche bis 19 km/h sind durch nachgeschaltete Getriebestufen wählbar.

Arbeitshydraulik

Die zentrale Komponente der Arbeitshydraulik ist die Kraftheberregelung. Nachdem sie in den vergangenen Jahren sowohl in servohydraulischer (SHR) [2] als auch elektrohydraulischer (EHR) Form vorgestellt wurde, haben sich neue Aufgaben und Erweiterungsmöglichkeiten für die

Kraftheberregelung herausgebildet. Insbesondere die EHR ist um Funktionen erweiterbar, die über die bisherige Zugkraft- und Lageregelung hinausgehen, wie z. B. die Schlupfregelung oder die Druckregelung. Die Nutzung eines Dopplerradarsensors zur Messung der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit macht es möglich, auch den Schlepperschlupf zu erfassen. Dieses Signal kann mit der EHR kombiniert werden und schafft somit eine neue Regelfunktion, die sogenannte elektronische Schlupfregelung [7 bis 9]. Ihre Aufgabe ist es, bei Überschreitung eines Schlupfgrenzwertes die normale Zugkraftregelung zu übersteuern, so daß der Schlepper sich auch bei plötzlich ändernden Bodenverhältnissen nicht festfahren kann. Bild 4 zeigt die Anordnung der Komponenten am Schlepper.

Eine neue Funktionserweiterung der EHR stellt die Druckregelung dar, bei der über Drucksensoren an den Hubwerkszylindern die Hubkraft gemessen und geregelt wird. So wird die Gewichtsverteilung zwischen Schlepper und teilweise getragenen Gerät auch bei unebenen Böden konstant gehalten.

Auch für Regelfunktionen an angehängten Landmaschinen stehen externe Sensoren für Weg-, Drehzahl- und Kraftmessung zur Verfügung, die mit der EHR kombinierbar sind. Damit entwickelt sich das Proportionalventil der Kraftheberregelung zum Universalregelventil am Schlepper. Insbesondere bei einem verstärkt zu beobachtenden Trend zur Elektronik in Landmaschinen ergeben sich hier neue Aufgabenstellungen für das Hubwerksregelventil und seine Elektronik.

Wie das Kraftheberregelventil so sind auch die übrigen Steuergeräte oder Ventile für externe Verbraucher mit sogenannten Druckwaagen ausgestattet, die eine lastunabhängige Feinststeuerung

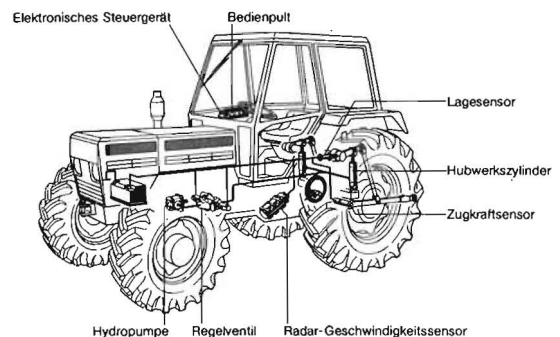


Bild 4: Ackerschlepper mit elektronischer Schlupfregelung [8].

oder Regelung ermöglichen. Darüber hinaus werden die folgenden Funktionen von vielen Ventilen bereits erfüllt:

- (kick-out), Rasterung zum Arretieren des Ventiles in einer Stellung und hydraulische Entlastung zum automatischen Zurückschalten bei Ende eines Zylinderhubes bzw. bei Überlast
- Einstellbares Stromregelventil zur Strombegrenzung bei Dauerverbrauchern
- Manuelles Umschalten von einfach- auf doppeltwirkende Anschlüsse
- Schwimmstellung zum freien Bewegen eines doppeltwirkenden Zylinders.

Immer häufiger werden die Ventilblöcke direkt hinter den Hydrauliksteckdosen angeordnet, um den Verrohrungsaufwand zu vermindern. Betätigt wird dann über Zug-Druck-Kabel oder Gestänge [10; 11].

Die hydraulischen Kenndaten der auf dem deutschen Markt angebotenen Schlepper haben sich im Vergleich zu den vergangenen Jahren [12] nur unwesentlich erhöht. Der Maximaldruck liegt jetzt in nahezu allen Leistungsklassen oberhalb 19 kW zwischen 175 und 180 bar. Während der maximale Volumenstrom der Arbeitshydraulik und das entnehmbare Ölvolumen für externe Verbraucher, wie z. B. Kippanhänger, noch sehr unterschiedlich ausfallen.

Bild 5 und **Bild 6** zeigen die statistischen Mittelwerte der verfügbaren Volumenströme und Ölvolumina in den einzelnen Schlepperleistungsklassen, die auf der Basis von 276 in Deutschland

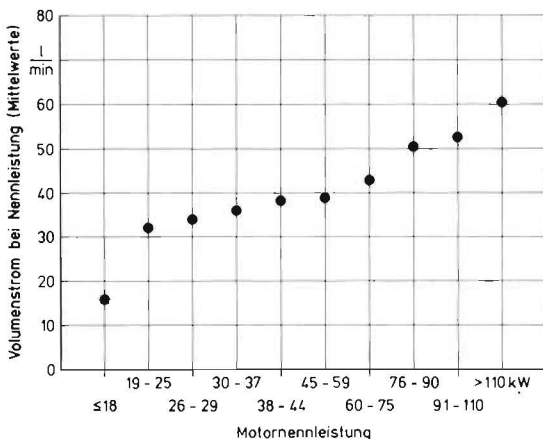


Bild 5: Verfügbare Volumenströme bei Acker- und Bauschleppern mit verschiedener Motorleistung (Mittelwerte nach Zulassungszahlen von 1986 gewichtet).

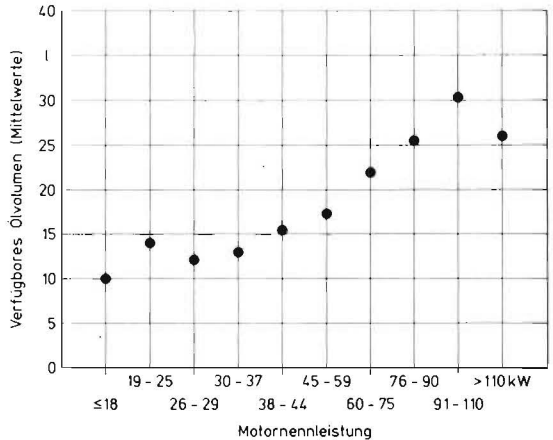


Bild 6: Verfügbares Ölvolumen bei Acker- und Bauschleppern mit verschiedener Motorleistung (Mittelwerte nach Zulassungszahlen von 1986 gewichtet).

angebotenen Schleppermodellen [13] durch Gewichtung nach den Zulassungszahlen von 1986 [14] ermittelt wurden. Die für die Arbeitshydraulik verfügbaren maximalen Volumenströme steigen mit der Schlepperleistung an. Allerdings ist die Schwankungsbreite mit $\pm 60\%$ und mehr beachtlich. Auch das bei Serienausstattung verfügbare Ölvolumen steigt mit der Schlepperleistung an. Aber auch hier sind große Streuungen festzustellen; in Einzelfällen werden bis zu 50 l erreicht. Auch bei der für Dauerverbraucherbetrieb so wichtigen Ölkühlleistung sind bei den Schleppertypen noch sehr große Unterschiede vorhanden. Eine Normung in diesem Bereich ist aber in Vorbereitung.

Bedienungs- und Komforthydraulik

Der Anteil an Komforthydraulik ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Insbesondere bei der Getriebebeschaltung wird vermehrt auf hydraulische Unterstützung Wert gelegt; z. B. zur Schaltung von Lastschaltstufen, Zapfwellenkupplungen, Differentialsperren und Allradschaltung. Nicht nur der Wunsch nach Bedienungsvereinfachung, sondern auch die Möglichkeiten, diese Schaltfunktionen automatisch mittels Elektronik durchführen zu können, begünstigen diesen Trend. So wird von einem Fahrerinformationssystem selbsttätig die Lastschaltstufe geschaltet, wenn dadurch eine günstigere Fahrweise erreichbar ist, oder die Differentialsperre wird bei Betätigung des Hubwerkes am Ende einer Pflugfurche automatisch für den Wendevorgang gelöst. Bei

einigen Herstellern wird der Allradantrieb erst bei niedriger Fahrgeschwindigkeit automatisch zugeschaltet.

Die hydrostatische Lenkung ist praktisch bei allen Schleppern, insbesondere bei Allradschleppern, vorhanden. Entwicklungen in diesem Bereich vollziehen sich in Zusammenhang mit zu-

künftigen Schleppersystemen: auch hier wurden in den vergangenen Jahren Lenkventile entwickelt, die mit Load-Sensing-Systemen kombinierbar sind. Die Zylinder in der Lenkachse werden zunehmend als Gleichlaufzylinder ausgeführt, so daß die Lenkgeschwindigkeiten in beiden Richtungen gleich sind.

2.5 Fahrerplatz – Fahrsicherheit – Fahrdynamik

Allgemeines

Wohl eines der bedeutendsten Entwicklungsmerkmale bei Traktoren aber auch bei selbstfahrenden Arbeitsmaschinen der vergangenen Jahre war die Gestaltung des Fahrerplatzes. Nahezu alle leistungsstarken Traktoren etwa über 30 kW werden heute im Inland und europäischen Ausland mit im Fahrzeug integrierten Kabinen ausgeliefert. Die nachträglich aufgesetzte Kabine gehört der Vergangenheit an. Beeinflußt wurde diese Entwicklung durch ein gesteigertes Bewußtsein der Landwirte zum Komfort, das letztlich zur Erhaltung ihrer Leistungsfähigkeit und Gesundheit aber auch zur Erhöhung der Produktivität beiträgt.

Die Anpassung der Technik an das menschliche Verhalten zur Schaffung optimaler Voraussetzungen beim Gebrauch einer Maschine hat im Traktor und auch bei anderen selbstfahrenden Maschinen einen Wandel in der Gestaltung des Arbeitsplatzes hervorgebracht [1]. In der technischen Entwicklung allgemein ist man sich mehr als zuvor der Tatsache bewußt geworden, nicht nur funktionell gute Maschinen zu schaffen, sondern den Umgang des Menschen und sein Verhalten als Regler in der Maschine mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Technische Geräte können nur dann optimal funktionieren, wenn der regelnde Mensch sie auch richtig bedient bzw. bedienen kann und eine sinnvolle Verteilung der Arbeitsaufgaben auf Mensch und Maschine vorliegt.

Als Entwicklungsmerkmale sind zu nennen:

1. Weitere Erhöhung des Fahrkomforts und der Fahrsicherheit insbesondere durch Schwingungs- und Geräuschminderung sowie durch erweiterte Umsetzung ergonomischer Regeln.

2. Erweiterte Informationsbereitstellung über das Fahr- und Betriebsverhalten bis hin zu automatisierten Steuer- und Regelungsvorgängen.

Fahrkomfort und Fahrsicherheit

Komfort und Sicherheit werden häufig gleichzeitig von entsprechenden technischen Maßnahmen beeinflusst. Hierunter fallen einerseits Maßnahmen der unmittelbaren Kabinen- und Fahrerplatzgestaltung und andererseits solche, die die Fahrdynamik des gesamten Fahrzeugs beeinflussen [2 bis 5].

Zur weiteren Reduzierung der Fahrschwingungen am Fahrerplatz werden vermehrt pneumatisch gefederte Sitze verwendet, die sich selbsttätig dem jeweiligen Fahrgewicht anpassen. Die Auswahl der Sitze hinsichtlich ihrer Federungs- und Dämpfungswerte erfolgt angepaßt nach dem Anregungsverhalten, d. h. nach dem Frequenzgang des Traktors. Eine Federung des Sitzes in Längsrichtung ist teilweise schon serienmäßig eingebaut und erhöht den Fahrkomfort besonders bei Anhängerbetrieb. Um eine weitgehend natürliche Rückgratkrümmung des Fahrers zu gewährleisten, werden gute Sitze mit einer verstellbaren Lendenwirbelstütze ausgerüstet.

Aus Untersuchungen über das Schwingungsverhalten besonders leistungsstarker und schwerer Traktoren mit und ohne Anbaugeräte ging hervor, daß die Anregungsfrequenzen am Sitzbefestigungspunkt in die Nähe von 2 Hz rücken [6]. Das wiederum führte zu neuen konstruktiven Maßnahmen der für diese Fahrzeuge geeigneten Fahrersitze. Hieraus resultierend wurden Vorschläge für die Ergänzung der gültigen Fahrersitz-

prüfung nach der EG-Richtlinie-Nr. 78/764 EWG in Form einer dritten oberen Gewichtsklasse gemacht.

Forschungsarbeiten, die sich mit den Möglichkeiten und Auswirkungen gefederter Kabinen befaßten [7 bis 9], sind industriell weiter verfolgt worden. Bild 1 zeigt eine handelsübliche fahrschwingungsabsorbierende Kabine. Vier hydraulische Federn übernehmen im Zusammenwirken mit Längs- und Querlenkern eine Abfederung in den Bewegungsrichtungen längs, quer und vertikal. Die erste Präsentation dieser neuartigen Konstruktion erfolgte auf der SIMA 1987. Neben einer weiter verbesserten Reduzierung der Fahrschwingungen wird der Fahrkomfort besonders durch das Fehlen bzw. der stark reduzierten Relativbewegungen zwischen Fahrer und seinem Umfeld gesteigert.

In der Lärmisolation am Fahrerplatz sind weitere Fortschritte zu verzeichnen. Durch eine verbesserte Isolierung in der Aufhängung der Kabine und durch eine wirksamere Innenraumdämpfung werden heute Geräuschpegel unter 80 dBA – teilweise bis zu 75 dBA – am Ohr des Fahrers trotz noch vergrößerten Scheibenflächen erreicht. Luftfremden Stoffen, insbesondere den bei Pflanzenschutzmaßnahmen auftretenden Schwebstoffen, begegnet man durch spezielle Filtereinsätze, die auf bestimmte Wirkstoffgruppen abgestimmt sein können. Für die Klimazustandsbewertung in Fahrerkabinen stehen ISO-Bewertungskriterien zur Verfügung die aus objektiv meßbaren Klimaeinflußgrößen bestimmt werden können [10].

In der Anordnung und Gestaltung der Bedienungsinstrumente hat sich ein deutlicher Wandel vollzogen. Motordrehzahl, Zapfwellendrehzahl und Fahrgeschwindigkeit werden entweder digital oder auch weiterhin analog wesentlich übersichtlicher dargestellt. Die Anordnung der Schaltebel seitlich am Fahrersitz hat sich bei Kabinen traktoren der mittleren und oberen Leistungsklasse durchgesetzt. Häufig werden die meisten Bedienungshebel rechts neben dem Fahrer auf einem zweiten Schaltpult konzentriert. Untersuchungen über die sinnvolle ergonomische Anordnung der Bedienungselemente zur Erzielung einer ermüdungsfreien Sitzhaltung des Fahrers haben weitere Erkenntnisse erbracht [11; 12].

Die Gestaltung des Ein- und Ausstieges bei Kabinen hat zu neuen Empfehlungen geführt, weil besonders hier ein Unfallschwerpunkt liegt [13; 14].

Infolge der von der Praxis geforderten hohen Fahrgeschwindigkeiten, die heute schon häufig



Bild 1: Fahrschwingungsabsorbierende Kabinenaufhängung (Werkbild Renault).

serienmäßig 40 km/h erreicht haben, ist dem fahrdynamischen Verhalten der Traktoren höhere Aufmerksamkeit gewidmet worden. Ziel dieser Entwicklung ist es, neben dem reinen Fahrkomfort auch die Fahrsicherheit insbesondere unter Berücksichtigung von schweren Anbaugeräten zu verbessern [15].

Mehrere Forschungsarbeiten haben sich damit befaßt, das ungünstige fahrdynamische Verhalten ungefederter Fahrzeuge insbesondere unter Berücksichtigung von schweren Anbaugeräten zu verbessern. Eine vorgeschlagene konstruktive Möglichkeit besteht in einer angepaßten Federung der Vorderachse. Es konnte experimentell nachgewiesen werden, daß bei einer auf das vorherrschende Achslastverhalten hinsichtlich Feder- und Dämpferkennung abgestimmten Achsfederung erhebliche Verbesserungen im dynamischen Achslastverhalten erreichbar sind [16; 17]. Zur Steigerung der Fahrsicherheit tragen hier nicht nur die Verringerung der dynamischen Vorderachslasten sondern auch die Anhebung der Achseigenfrequenz bei. Je weiter der Fahrersitz über den Schwerpunkt in Richtung des Vorderwagens verschoben wird, desto mehr gewinnt die Vorderachsfederung auch für eine Verbesserung des Fahrkomforts an Bedeutung. Diese Ergebnisse konnten durch Simulationsrechnungen bestätigt werden [18].

Weitere experimentelle und analytische Untersuchungen zeigten neue Wege zur Tilgung von Nickschwingungen auf. Neben dem bereits be-

kannten Tilgersystem im Dreipunktbau [15] zeichnen sich auch unmittelbar im Hydrauliksystem integrierte Tilger ab. Stellt man die fahrdynamischen Auswirkungen von Vorderachsfederung und Schwingungstilger (Absorber) gegenüber, so erkennt man aus dem Verlauf der spektralen Leistungsdichte an der Vorderachse die vornehmliche Wirkung des Absorbers für den niederfrequenten Nickschwingungsanteil, wo hingegen die Vorderachsfederung besonders den Hubschwingungsanteil absorbiert (**Bild 2**).

Das fahrdynamische Verhalten wird weiterhin ganz wesentlich durch die dynamischen Eigenschaften der Reifen bestimmt. Untersuchungen beschäftigten sich mit der Ermittlung der Federkennlinien und Dämpfungswerte des rollenden Reifens unter Berücksichtigung von Fahrgeschwindigkeiten bis zu 50 km/h [19 bis 22]. Hieraus wird ersichtlich, daß die Federsteifigkeit nach dem Anrollen um etwa 5 bis 10% sinkt, dann aber konstant bleibt. Das Dämpfungsmaß dagegen sinkt wesentlich stärker, und zwar von 0,08 auf 0,02. Experimentelle Untersuchungen auf einem neuen Reifenprüfstand [21] haben ferner gezeigt, daß auch Unrundheiten der Reifen das Abrollverhalten wesentlich mitbestimmen. Mit Hilfe dieser experimentell ermittelten Daten wird es zunehmend von Bedeutung sein, das Verhalten der Reifen bzw. des gesamten Fahrzeuges bei gegebener Anregung auf Rechnern zu simulieren und daraus Vorhersagen über fahrdynamische Eigenschaften abzuleiten [23; 24]. Aus Untersuchungen über das Abrollverhalten der verschiedenen Reifen lassen sich dann weitere Zusammenhänge auch im Hinblick auf die optimale Gestaltung

des Reifenaufbaues und der Stollen finden [20].

Einfluß auf das fahrdynamische Verhalten kann auch eine unmittelbare Luftdruckanpassung ausüben. Entsprechende Reifenfüllanlagen, die auch bei rollendem Reifen arbeiten, befinden sich in der Entwicklung [24; 25].

Das Vorausbestimmen des fahrdynamischen Verhaltens von Fahrzeugen durch die Computersimulation gewinnt immer mehr an Bedeutung [26 bis 28]. Dem Konstrukteur steht hier in Zukunft ein sehr wertvolles Hilfsmittel zur Verfügung, um vorausberechnen zu können, wie der Traktor mit seinen Komponenten gegenüber äußeren Einflüssen reagiert. Verschiedene Programme wie ADAMS, DRAM, MCADA u. a. werden angeboten [26]. Allerdings hängt die Zuverlässigkeit der Berechnungen ganz wesentlich von den eingegebenen Fahrzeug- und Reifendaten ab.

Informationsbereitstellung

Je leistungsfähiger die Maschinensysteme werden, desto bedeutender wird auch die Ausstattung des Fahrerplatzes mit neuen Bedienungshilfen. Mit der Anwendung der Mikroelektronik wird eine Verringerung des Arbeitsaufwandes an Betriebsmitteln, eine Verminderung von Verlusten wie auch insbesondere eine Entlastung des Fahrers bei der Arbeitsdurchführung angestrebt. Schließlich wird die Arbeitsproduktivität dieser Maschineneinheiten immer mehr bestimmt durch die physische und psychische Wahrnehmungs- und Leistungsfähigkeit des Fahrers als durch rein technische Parameter. Zur Optimierung dieses Einflusses sind die Möglichkeiten der Mikroelektronik in vielfältiger Weise

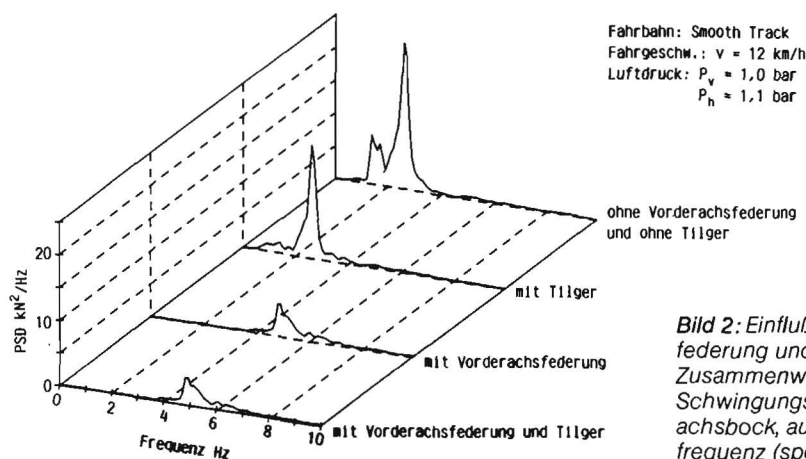


Bild 2: Einfluß einer angepaßten Vorderachsfederung und eines Schwingungstilgers im Zusammenwirken mit Anbaugeräten auf die Schwingungsbeschleunigung am Vorderachsbock, aufgetragen über der Anregungsfrequenz (spektrale Leistungsdichte).

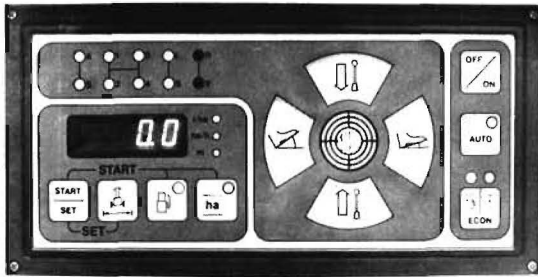


Bild 3: Display eines Fahrerinformationssystems zur Wahl des optimalen Fahrgeschwindigkeitsganges und der Motordrehzahl (Werkbild Steyr).

auch für die Fahrerinformation zum Einsatz gekommen [29 bis 31].

Neben der Entwicklung betriebssicherer Bordrechner [30; 32] war es vor allem notwendig, geeignete Sensoren bereitzustellen, mit deren Daten dem Fahrer zweckdienliche Informationen in Form von Betriebsdaten und Funktionsdaten zugeführt werden können. Als Betriebsdaten werden Informationen über die Fahrgeschwindigkeit, den Radschlupf, die Flächenleistung, den Kraftstoffverbrauch verstanden.

Darüber hinaus können Funktionsdaten berechnet werden, die z. B. dem Fahrer Anweisungen geben über die optimale Fahrgeschwindigkeit und die beste Motordrehzahl zur Erfüllung einer Arbeitsaufgabe bei geringstmöglichem Kraftstoffverbrauch bzw. hoher Flächenleistung [32 bis 36]. Hierfür sind dann erweiterte Rechner notwendig, die ein sogenanntes intelligentes Informationssystem schaffen. **Bild 3** zeigt ein Display eines Fahrerinformationssystems. Hier werden aus der Messung des vorliegenden Motormomentes und der Motordrehzahl sowie aus der Fahrgeschwindigkeit Handlungsanweisungen abgeleitet, die dem Fahrer die zweckmäßige Gangwahl und Motordrehzahl vorgeben. Darüber hinaus werden in Zukunft weitere Steigerungen der Arbeitsproduktivität möglich werden,

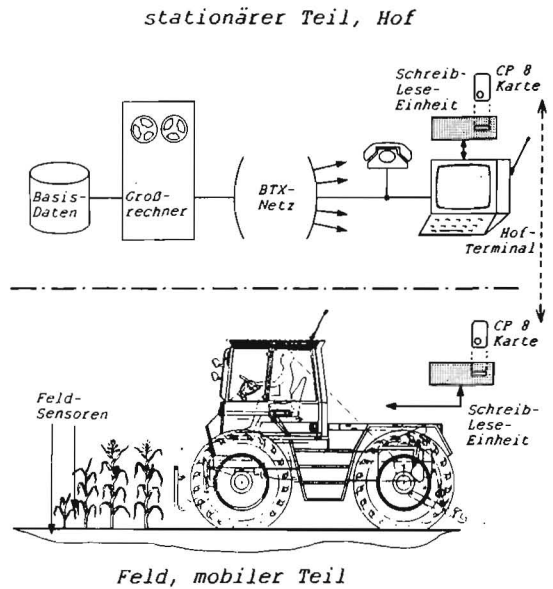


Bild 4: Kopplung von Bordrechner, Hofrechner und Centralrechner (nach Mertins [37]).

wenn technologische Prozesse oder zumindest Teilfunktionen unter Einsatz selbsttätiger Steuerungen und Regelungen ablaufen [33; 37]. In Einzelfällen ist das auch schon Stand der Technik. Mit in der Entwicklung befindlichen Regelungssystemen wird es möglich werden, verschiedenen Arbeitsmaschinen, deren Regelungsalgorithmus bereits im Zentralrechner gespeichert ist, selbsttätig zu regeln. Vorschläge hierzu z. B. für Pflanzenschutzgeräte, Düngerstreuer und Sämaschinen wurden auf der Agritechnica 1987 vorgestellt. Zukunftsweisend werden gekoppelte Systeme zwischen Bordrechner und stationärem Betriebsrechner einen erweiterten Aufschluß über das Betriebsgeschehen geben (computer aided farming CAF). In **Bild 4** ist ein solches System dargestellt [37].

3. Transport- und Fördermittel

Allgemeines

In allen landwirtschaftlichen Arbeitsverfahren und Verfahrensketten nimmt der Transport und die Förderung unterschiedlichster Güter bekanntlich einen breiten Raum ein. Beim Transport von und zum Hof, bei der Einlagerung, bei der Entnahme und bei der Dosierung werden Fördermittel ebenso verwendet wie als Baugruppen von landwirtschaftlichen Anlagen und Maschinen.

Landwirtschaftliche Anhänger

Hohe Schlepperfahrgeschwindigkeiten von über 40 km/h erforderten eine entsprechende Anpassung der landwirtschaftlichen Anhänger, so z. B. die Ausrüstung mit einer Druckluftbremsanlage. Durch Änderungen der StVZO [1] sowie durch die Forderung nach verbessertem Komfort und höherer Leistungsfähigkeit wird die Weiterentwicklung fortgeschrieben. Bei den Dreiseitenkippanhängern mündete die Auflage der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften nach größerer Standsicherheit beim Abkippen der Ladung nach eingehenden Untersuchungen [2] in verbesserte Rahmenkonstruktionen und entsprechende Prüfvorschriften (Bild 1).

Bei den Spezialanhängern stehen naturgemäß die Sonderaufgaben im Vordergrund. An Ladewagen und Häckselwagen ist aus fördertechnischer Sicht die Dosierentladeeinrichtung hervorzuheben, über die eine Hofförderanlage unmittelbar mit Erntegut beschickt werden kann.

Mit den ohnehin schweren Güllewagen wird die Gülle heute zunehmend im Frühjahr, also auf schlecht befahrbaren Böden, ausgebracht. Daher gewinnen neben der Misch- und Dosiertechnik Maßnahmen zur Reduzierung des Bodendrucks zunehmend an Bedeutung [3; 4].

Mechanische Förderer (Stetigförderer)

Zur Stetigförderung werden in der landwirtschaftlichen Produktion insbesondere auch Schneckenförderer, Becherwerke, Trogkettenförderer und Bandförderer verwendet [5] (Bild 2).

Schneckenförderer werden vornehmlich zur waagerechten und schrägen Förderung von Schüttgütern eingesetzt. Unter bestimmten Voraussetzungen ist jedoch auch eine Förderung senkrecht nach oben möglich [6]. Die Zuführung des Gutes erfordert dabei aktive Elemente. Die Förderleistung von Schneckenförderern wird wesentlich vom Füllungsgrad bestimmt. Optimierungsmöglichkeiten für den Fall freischöpfender steiler Schneckenförderer sind bekannt [7]. Untersuchungen über Dosiermöglichkeiten und Dosiergenauigkeit für Schneckenförderer und -dosierer stehen ebenfalls zur Verfügung [8; 9].

Becherwerke werden heute für die senkrechte und steile Förderung von Schüttgütern aller Art eingesetzt. Für diese Förderaufgabe sind sie das billigste und zuverlässigste Mittel, wenn auch die nicht völlig kontinuierliche Förderung einige Probleme aufwirft [10; 11].

Rohr- und Trogkettenförderer werden als waagrecht, schräg und senkrecht arbeitende Stetigförderer in Stationäranlagen eingesetzt. Der Fördervorgang basiert auf der inneren Reibung im Gut. Die Kenntnis des sich dabei einstellenden Spannungszustandes ist für die Auslegung von großer Bedeutung [12].



Bild 1: Dreiseitenkipper mit moderner Rahmenkonstruktion (Werkbild Fa. Welger).



Bild 2: Ballenförderung mit mechanischem Elevator (Werkbild Fa. Pöttinger).

Band- und Gurtförderer finden sowohl bei der Förderung von Schüttgütern als auch bei der Förderung von stückigem Gut Anwendung. Gurte mit aufvulkanisierten Querstollen und seitlich begrenzenden Wellenkanten werden in leistungsfähigen Vertikalförderanlagen eingesetzt [13]. Über die Ursachen des Führungs- und Zentrierungsvermögens angeformter Trommeln von Transportbändern stehen entsprechende Unterlagen zur Verfügung [14; 15]. Sie gestatten die Auslegung von Bandförderern bei bestmöglicher Führung und gleichzeitig geringstem Bandstreß.

Pneumatische Förderanlagen

Für die Dünnstrom-Förderanlagen stehen ausreichende Berechnungsgrundlagen zur Verfügung [16 bis 23]. Für die Optimierung des pneumatischen Transports ist die richtige Wahl der Förderluftgeschwindigkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Sie kann anhand eines mathematischen Modells bestimmt werden, das durch Förderversuche mit Modellgut bestätigt wurde [24]. In der Praxis wird die Förderluftgeschwindigkeit möglichst nahe der Stopfgrenze gewählt [16; 17; 25], wodurch auch eine schonende Förderung begünstigt wird. Eine weitere Reduzierung des Energieaufwandes ist durch die Wahl eines gün-

stigen Rohrquerschnittes [25] und durch weitere spezielle Maßnahmen möglich [20]. Auch für die Förderung von Gras- und Maishäcksel in waagerechten Rohren liegen Berechnungsunterlagen vor [26].

Die freizügige Anpassung pneumatischer Förderanlagen an die räumlichen Gegebenheiten wird durch Rohrbögen und Rohrverzweigungen realisiert [18]. Für ihre Berechnungen liegen umfangreiche Unterlagen vor [27; 28].

Zur Aufgabe des Fördergutes in die Anlage stehen Schleusen und Saugdüsen zur Verfügung [29]. Bei der Auslegung der zur Trennung von Fördergut und Förderluft meistens verwendeten Zyklonabscheider ist neben der Abscheidewirkung auch der Druckverlust zu berücksichtigen [30 bis 33]. Eine Halbierung des Druckverlustes und eine Steigerung des Gutabscheidegrades kann durch den Einbau von Leitvorrichtungen im Abscheideraum erzielt werden [34].

Pneumatische Dichtstromförderanlagen arbeiten bekanntlich mit einer sehr hohen Feststoffkonzentration im Förderrohr. Dabei werden besonders niedrige Luft- und Gutgeschwindigkeiten verwendet [18; 35]. Der Transport nahe der Fördergrenze erfordert besondere Sorgfalt bei der Konzeption und Auslegung einer Dichtstromförderanlage [18; 36]. Zur Förderguteinspeisung kommen wegen des hohen Förderdruckes hauptsächlich Druckbehälter zum Einsatz. Durch Zufuhr von Sekundär- oder Umgehungsluft werden trotz der instabilen Strömungszustände bei Pfropfenförderung zuverlässig arbeitende Anlagen realisiert [35].

Hydraulische Förderanlagen

Die energetisch günstige hydraulische Förderung findet im Bereich der Landwirtschaft für den Transport und die Verteilung konzentrierter Futtermischungen Verwendung. Die Kenntnis der mit Rohr- bzw. Rotationsviskosimetern ermittelten Fließkurven des Feststoff-Wasser-Gemisches ermöglicht die Druckverlustberechnung für die Fütterungseinrichtungen [37 bis 40]. Die Bauart der verwendeten Pumpen wird durch die Eigenschaften des Gutes (Korngröße, Kornbeschaffenheit, Abrassivität) bestimmt [41]. Feststoffbeladene Strömungen werden meist Kontinuum-mechanisch behandelt [23]. Zur Berechnung der Kräfte auf Feststoffteilchen und der Druckgradienten bei einem Grobkorn-Wasser-Gemisch kann auch die Methode der finiten Elemente angewandt werden [42].

Die Wechselwirkungen bei der Bodennutzung mit ihrem direkten und indirekten Einfluß auf die Bodenfruchtbarkeit und auch auf den Zustand

Daneben nimmt sich der Sektor Klima und Standort beinahe nebensächlich aus, besitzt jedoch eine ebenso große Bedeutung wie die Bewirtschaftung selbst.



Unsachgemäße Bearbeitung setzt physikalische Störkräfte frei, die über die Radlast, den Schlupf, die Fahrgeschwindigkeit und die Vibration auch tiefer wirken können [7; 8]. Die wesentlichen Gefährdungen des Ackerbodens ergeben sich durch Erosion und Unterbodenverdichtung. Die Erosion tritt hauptsächlich als Wassererosion auf. Sie wieder wird durch den Anbau von Reihenfrüchten, besonders von Mais und Zuckerrüben begünstigt [9]. Es ist nicht das Eigengewicht der Maschinen, sondern die mangelhafte Technologie ihres Einsatzes, die Bodenprobleme entstehen lassen [10 bis 12].

Es wird daher nicht mehr genügen, noch bessere oder andere Einzelgeräte zur Beseitigung von Strukturschäden im Bodengefüge (z. B. Verdichtung, Überlockerung) zu entwickeln [13]. Die Landwirtschaft braucht Gerätesysteme zum Aufbau und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Sie müssen die Investitionskosten, den Arbeits- und Energieaufwand sowie die Kosten für zugekaufte Produktionsmittel verringern helfen [14; 15].

Beim Einsatz von flach arbeitenden Werkzeugkombinationen verteilt sich der Bodendruck des Schleppers auf eine breitere Grundfläche. Die Gefahr tiefreichender Verdichtung nimmt deutlich ab [16]. Eine dynamischere Bodenbearbeitung und Abkehr von starren Systemen sind daher Bedingung für eine schonendere Feldbewirtschaftung unter Berücksichtigung angepaßter Ackerschlepper-Fahrwerke [13; 17 bis 22].

Die Konsequenzen für den Landwirt aus zu verändernden Anbaumethoden begünstigen stärker als bisher die Anwendung kostensparender Verfahren, die zugleich eine Leistungssteigerung ermöglichen. Knappe Bestellzeiten erfordern eine kompaktere Verfahrenstechnik mit nur ein bis zwei Arbeitsgängen. Gewünscht wird jedoch weiterhin eine „gezielte“ Heterogenität des Bodens [5; 23].

Eine exakte Definition und Quantifizierung von Bodenbearbeitungsverfahren ist nur in Zusammenarbeit mit allen betroffenen Disziplinen möglich.

Eine Reihe von Beiträgen greift deshalb diese für die Landwirtschaft aktuelle und zugleich komplexe Fragestellung auf [24; 25]. Die Ziele der technisch-mechanischen Bodenbearbeitung sowie die Intensität und Häufigkeit des Eingriffs in den Ackerboden wandeln sich. Die Auffassungen der Fachleute über die notwendige Art, Extensivierung oder Intensivierung der Bodenbearbeitung sowie ihre Auswirkungen für den Pflanzenertrag erlauben zwar noch keine allgemeingülti-

gen Aussagen über die vielfältigen Verbindungen zwischen Bodenbearbeitung und Reaktion der Pflanze. Sie stellen aber für den Fortgang von interdisziplinären Vorhaben wertvolle Grundlagen dar. Der Einsatz technischer Hilfsmittel ist nicht Selbstzweck, sondern dient als stützende Funktion dem Aufbau oder der Erhaltung eines stabilen Bodengefüges einschließlich der Bodenbiologie [26 bis 28]. Diesem Idealzustand möglichst nahe zu kommen, erfordert die Überprüfung und Beurteilung vornehmlich von lockernd und krümelnd wirkenden Bodenbearbeitungsverfahren mit starren und angetriebenen Werkzeugen im Vergleich zum bisherigen wendenden Eingriff mit dem Pflug. Die Grundbodenbearbeitung neuerer Art, die meist auch ein fertiges Saatbett einschließt, wird der pfluglosen Bodenbearbeitung zugerechnet, und hier ist insbesondere die langfristige Wirkung der Werkzeuge auf Boden, Nährstoffbilanz, Pflanzenbestand und Unkrautbeseitigung sowie auf Arbeits- und Energieaufwand festzustellen [29].

Es besteht eine besondere Aufgabe darin, aufeinander abgestimmte und funktionsfähige Werkzeuge und Gerätesysteme einzuführen, die eine sinnvolle Anwendung der Techniken von der Bearbeitung der abgeernteten Felder bis zur Bestellung der folgenden Hauptfrucht erfassen [30]. Dabei ist auf eine vielseitige und damit kostengünstige Benutzung dieser Geräte ebenso Wert zu legen wie auf die Wechselwirkungen zwischen Technik, Standort und Pflanze [31; 32].

Drängend stellt sich auch die Frage, ob und gegebenenfalls unter welchen Bedingungen bisherige Arbeitsgänge zur Bodenbearbeitung und Aussaat eingeschränkt oder durch Steuer- und Regelvorrichtungen an den Geräten verbessert werden können, um Energie und Kosten zu sparen [33].

Die Verwendung zapfwellengetriebener Geräte ermöglicht eine beachtliche Leistungseinleitung bei großer Arbeitsintensität und führt zur Kombination von Bodenbearbeitung und Aussaat.

Weitere Verbesserungen an Bodenbearbeitungswerkzeugen und den Wirkungsmechanismen zum Lockern und Rückverfestigen sind außerdem eine herausragende Aufgabe [2]. Dazu sind die mechanischen Grundlagen der Bodenbearbeitung in voller Breite heranzuziehen und auszubauen, um eine ausreichende Beurteilung des Arbeitserfolges bei den Wechselwirkungen zwischen Werkzeug und Boden zu gewährleisten [34; 35].

4.2 Geräte

Allgemeine Entwicklung

Die Aufgaben der Bodenbearbeitung und der hierfür verwendeten Gerätetechnik haben sich unter dem Einfluß neuer Bewirtschaftungssysteme, von spezialisierten Fruchtfolgen und eines erweiterten Wissensstandes in letzter Zeit zwar nicht grundlegend geändert, jedoch wesentlich erweitert. Ergänzend zu den bisherigen Aufgaben soll durch einen gezielten Einsatz der modernen Bodenbearbeitungstechnik auch das Erhalten oder Verbessern einer günstigen Bodenstruktur, ein ungehindertes und bestmögliches Ablaufen aller bodenbiologischen Vorgänge, Vermeidung von Schäden, die durch Bodenverdichtung und Bodenerosion hervorgerufen werden, sowie insgesamt eine langfristig hohe Bodenfruchtbarkeit sichergestellt werden.

Diese veränderte Aufgabenstellung hat dazu geführt, daß die Frage nach der zweckmäßigsten Form der Bodenbearbeitung und der dafür erforderlichen und geeigneten Technik sehr intensiv und teilweise konträr diskutiert wird. Die Bandbreite der vertretenen Auffassungen reicht von

einem permanenten und unverzichtbaren Pflugeinsatz bis hin zu extensiven Bodenbearbeitungssystemen, die ein Lockern und Krümeln des Bodens lediglich bis auf die spätere Saatgutablagertiefe befürworten. Zwischen diesen beiden Extremen sind jedoch eine Fülle von standort- und fruchtartenspezifischen Übergangslösungen zu finden (Bild 1).

Aus aktuellem Anlaß wird auch besonderer Wert auf arbeitswirtschaftliche und ökonomische Aspekte gelegt. In getreidestarken Ackerbaubetrieben entfallen etwa 50 bis 60% des gesamten Arbeitszeitbedarfes auf Bodenbearbeitung und Bestellung [1]. Arbeitsverfahren mit „reduziertem Aufwand“ finden deshalb ein besonderes Interesse, da hierdurch Arbeitszeit, Kosten und Energie eingespart sowie positive ackerbauliche Auswirkungen erzielt werden können.

Bei Konstruktion und Einsatz der Gerätetechnik für die Bodenbearbeitung nehmen Forderungen wie „vielseitiger Einsatz“ und „Kombinierbarkeit der Geräte“ einen hohen Stellenwert ein, weil dadurch eine termingerechte Arbeitserledigung, hohe Schlagkraft, ausreichender Einsatzumfang







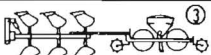






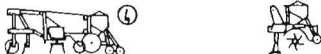




Bodenbewirtschaftungssystem	Arbeitsabschnitte			Ablauf der Arbeitsgänge
	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Saat	
<u>Konventionelle Bodenbearbeitung</u> mit Pflug auf volle Krumentiefe				<u>getrennt</u> und absätzig
			 Bodenhäckscheibe oder Rotoregge	<u>reduziert</u> Saathoebereitung und Saat kombiniert
				<u>reduziert</u> alle Arbeitsabschnitte kombiniert
<u>Konservierende Bodenbearbeitung</u> mit Schäl-, Kurz- oder Schichten-grubber			 Roll- oder Scheibenschärfung	<u>getrennt</u> und absätzig
		 v.a. Rotoregge	 Bodenhäckscheibe oder Zw.-EGge	<u>reduziert</u> Saathoebereitung und Saat kombiniert
				<u>reduziert</u> alle Arbeitsabschnitte kombiniert
ohne Grubber		 		<u>reduziert</u> ohne tiefere Bearbeitung, Saathoebereitung u. Saat komb.
<u>Direktsaat</u> ohne jegliche Bodenbearbeitung				<u>minimiert</u> nur Anlagen von Saatschlitzen
<u>Früher verwendete Bezeichnungen:</u> ① Minimal-Bestelltechnik „Bestellsaat“ ③ Minimal-Bestelltechnik „Pflugsaat“ ② Minimal-Bestelltechnik „Frässaar“ ④ Minimal-Bestelltechnik „Grubber-Bestellsaat“				

Bild 1: Einordnung moderner Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (nach Köller, geändert).

und Erfüllen der standort- und fruchtartenspezifischen Anforderungen als wichtige Ziele einer modernen Bodenbewirtschaftung realisiert werden können.

Diese unterschiedlichen und vielfältigen Anforderungen finden ihren Niederschlag in einem sehr umfangreichen gerätetechnischen Angebot. Neben Einzelgeräten und Gerätekombinationen für die verschiedenen Einsatzbereiche der Bodenbearbeitung werden in steigendem Umfang auch technische Lösungen für komplette Bodenbearbeitungssysteme angeboten.

Grundbodenbearbeitung

Der Streichblechpflug stellt für die Bearbeitung des Bodens auf volle Krumentiefe nach wie vor das bevorzugte Gerät dar, trotz einer gewissen Konkurrenz seitens verschiedener Bauformen von Grubbern. Der Trend geht eindeutig in Richtung Volldrehpflug, dessen Vorteile besonders bei hohen Anforderungen an die Arbeitsqualität und beim arbeitszeit-sparenden Bearbeiten unregelmäßig geformter, kleiner Feldstücke besonders zum Tragen kommen. In zunehmendem Umfang werden die Pflüge mit einer zentralen, auf alle Körper gemeinsam wirkenden und stufenlosen Schnittbreitenverstellung ausgerüstet. Diese bietet gegenüber dem bisher bevorzugten „Baukastensystem“ den Vorteil, daß bei wechselnden Bodenverhältnissen oder Zugkraftansprüchen die Pflug-Arbeitsbreite rasch und einfach auf die vorhandene Schlepper-Motorleistung abgestimmt werden kann [2; 3].

Der Trend zur Verwendung neuer bzw. weiterentwickelter Körper- und Streichblechformen ist unverkennbar. Der Streifenkörper hat sich einen hohen Marktanteil gesichert, bei führenden Pflugherstellern entfallen zum Teil über 60% der gesamten Pflugproduktion auf Streifenpflüge. Durch ein gesteigertes Angebot unterschiedlicher Streifenkörper-Wölbungsformen, von Körpern mit geraden sowie geschwungenen Einzelstreifen, soll eine noch günstigere Anpassung an unterschiedliche Standortbedingungen sowie ein universeller, energiesparender Einsatz sichergestellt werden. Auch beim Rautenpflug, der bei Verwendung von Schleppern mit breiter Triebadbereifung eine günstige Zugkraftübertragung ermöglicht, wurde das Angebot an Körperformen erweitert [4; 5].

Die ordnungsgemäße Einarbeitung von Pflanzenrückständen stellt eine wichtige, aktuelle Forderung dar. Dem wird nicht nur durch ent-

sprechend große Rahmenhöhen und Körperlängsabstände, sondern auch durch weiterentwickelte Pflug-Vorwerkzeuge (z. B. Einlegestreichschienen und -scheiben) Rechnung getragen. Höhere Schleppermotorleistungen, steigende Fahrgeschwindigkeiten und teilweise größere Arbeitstiefen erfordern entsprechende Überlastsicherungen an den Pflugkörpern. Die mechanischen Überlastsicherungen wurden wesentlich weiterentwickelt. Bei geringerem Bauaufwand und günstigerem Preis haben sie heute ein vergleichbar gutes Ansprechverhalten, wie hydraulische Überlastsicherungen.

Bedienungs- und Einstellhilfen am Pflug, mit denen die Pflugüberwachung problemlos vorgenommen werden kann, werden bereits von vielen Herstellern angeboten. Während einfachere Bauformen im wesentlichen eine Optimierung der Zugpunkteinstellung zum Ziel haben, lassen sich bei weiterentwickelten Konstruktionen die wichtigsten Einstellmaßnahmen mechanisch, hydraulisch oder elektrohydraulisch oftmals vom Schleppersitz aus durchführen [6]. Die Verwendung von elektronischen Regelsystemen (z. B. für das automatische Verstellen der Schnittbreite in Abhängigkeit vom Zugkraftbedarf oder die Regelung der Arbeitstiefe abhängig vom Schlupf der Schleppertriebäder) wird dagegen noch kritisch beurteilt. Ungünstige Auswirkungen auf die Arbeitsqualität lassen sich nicht vermeiden und der erzielbare Nutzen rechtfertigt nicht immer die erforderlichen Investitionen.

Grundbodenbearbeitungsgeräte mit Zapfwelleantrieb (z. B. Spatenmaschine) werden zwar nach wie vor in unterschiedlichen Arbeitsbreiten und Werkzeugausstattungen angeboten, konnten sich aber trotz einiger positiver Arbeitseffekte noch keinen nennenswerten Marktanteil sichern.

Das immer umfangreichere Angebot an Pflughackfräsen läßt erkennen, daß auch bei der Grundbodenbearbeitung versucht wird, die vorhandenen Schleppermotorleistungen voll auszunutzen und zusätzliche Arbeitsgänge für die Nachbearbeitung einzusparen. Das Schwerk Gewicht der Entwicklung verlagert sich eindeutig auf „Packerkombinationen“, mit denen auch auf den tonigeren Böden ein erfolgreicher Einsatz gewährleistet werden soll. Moderne Packerkombinationen zeichnen sich durch vergrößerten Durchmesser der Einfach- und Doppelpackerringe, geraden Zug hinter dem Pflug, Erleichterung des Wendevorganges am Feldende bei Volldrehpflügen durch „Wendepacker“, Kombination von

Packerringen mit Walzen, Wälzegen, Lockerungszinken etc., variable Arbeitsbreite sowie teilweise einer Austauschbarkeit der einzelnen Arbeitswerkzeuge aus [7; 8].

Nichtwendende Bodenbearbeitung

In diesem Bereich wurde eine Vielzahl von Geräte- und Werkzeugformen entwickelt, bei denen eine grobe Lockerung des Bodens im Vordergrund steht, auf eine Wendung jedoch verzichtet wird [9; 10].

Für die Grundbodenbearbeitung sind als typische Vertreter die Pfluggrubber (mit schräg angestellten Zinken und schmalen Meißelschar), Flügelschargrubber (mit unterschiedlich breiten Flügelscharen) sowie Lockerungspflüge (mit gekröpften Zinken und einstellbarer Lockerungsplatte) anzusehen. Mit diesen Geräten läßt sich der Boden auf volle Krumentiefe bearbeiten, sie eignen sich aber auch für das Auflockern von Verdichtungshorizonten in etwa 40 bis 50 cm Tiefe. Für den Einsatz auf steinigem oder stark verhärteten Böden lassen sich die Zinken mit Überlastsicherungen ausrüsten.

Für die Stoppelbearbeitung werden die bewährten, mehrbalkigen Schälgrubber konsequent mit Nachläufern für das zusätzliche Einebnen, Mischen und Rückverfestigen kombiniert (Bild 2). Starre Zinken mit beidseitig verwendbaren Doppelherzscharen oder mit breitschneidenden Gänsefußscharen stellen meist die

Standard-Ausrüstung dar. Neue Scharformen und integrierte Nachläufer sollen den Bearbeitungseffekt verbessern.

Seit einiger Zeit ergänzen ein- oder zweibalkige Kurzgrubber mit nachgeschaltetem Zapfwellengerät die bisher bevorzugten, mehrbalkigen Schälgrubber. Mit derartigen Kombinationen ist es möglich, den Boden durch die Grubberschare mitteltief aufzubrechen, während das nachgeschaltete, von der Zapfwelle angetriebene Gerät ein oberflächennahes und intensives Einarbeiten der Pflanzenrückstände gewährleistet. Hierfür werden vor allem Zapfwellengeräte mit rotierenden Werkzeugen bevorzugt. In der technisch-konstruktiven Entwicklung dieser Geräte ist derzeit eine deutliche Zweiteilung zu erkennen [8]:

- Kurzgrubber mit nachgeschalteter Zapfwellenegge, bei welchen beide Geräte in genormten Dreipunktanschlüssen gekoppelt sind. Dies ermöglicht einen vielseitigen Einsatz, da die Einzelgeräte kombiniert oder getrennt, im Bedarfsfall auch in weiteren Kombinationen z. B. mit einer Drillmaschine eingesetzt werden können;
- Kompaktgeräte, bei denen die Lockerungswerkzeuge direkt am Grundrahmen des Zapfwellengerätes angelenkt sind. Durch den geringen Geräte-Schwerpunktsabstand zum Schlepper ergibt sich eine geringe Belastung der Krafthebeanlage.

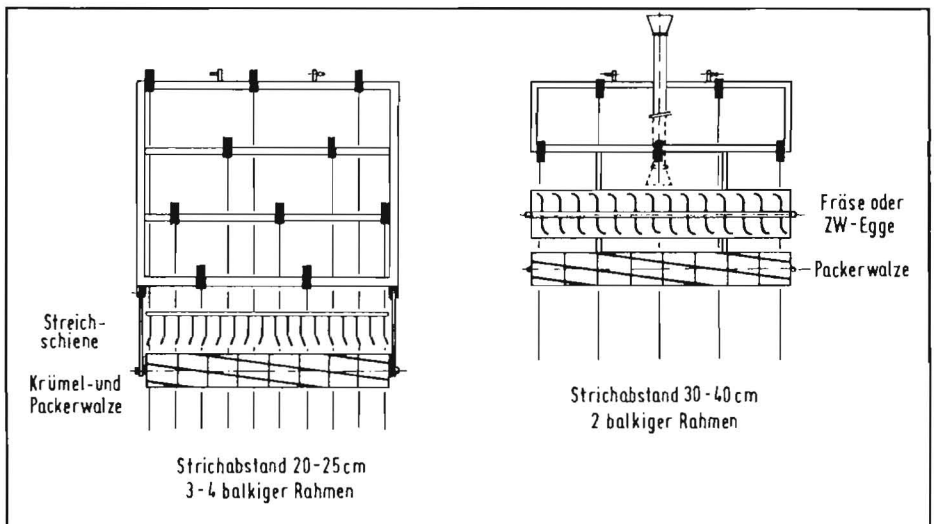


Bild 2: Typischer Aufbau von mehrbalkigen Schälgrubbern mit gezogenen Nachläufern (links) und 1- oder 2-balkigen Kurzgrubbern mit nachgeschaltetem Zapfwellengerät.

Als Lockerungsschare werden bei beiden Bauformen vorwiegend breitschneidende Flügelschare (z. T. mit austauschbaren Scharflügeln), oder schmale, keilförmige Lockerungszinken verwendet.

Damit bestätigt sich auch in diesem Bereich die Tendenz zur Kombination unterschiedlicher Arbeitswerkzeuge und von bislang getrennt und nacheinander durchgeführten Arbeitsgängen. Bei zusätzlicher Anlenkung einer Drillmaschine lassen sich derartige Kombinationen auch vorteilhaft bei der Feldbestellung mit reduziertem Aufwand (z. B. pfluglose Wintergetreidebestellung nach Zuckerrüben, Kartoffeln etc.) verwenden [11].

Nach einer Periode der gewissen Stagnation sind bei Scheibeneggen intensive Weiterentwicklungen zu erkennen. Moderne Scheibeneggen zeichnen sich durch verbesserte Bearbeitungseffekte (z. B. größerer Scheibendurchmesser), erweiterte Kombinationsmöglichkeiten (z. B. mit Grubberzinken, Nachläufer-Packerwalzen), sowie einen höheren Bedienungskomfort aus (z. B. Verwendung der Schlepperhydraulik für das Ausschwenken der Luftgummibereiften Lauf­räder für den Straßentransport, das Verstellen des Scheiben-Anstellwinkels sowie das Einklappen der Seitenteile bei überbreiten Geräten).

Saatbettbereitung

Bei der Gerätetechnik für die Saatbettbereitung wird besonderer Wert darauf gelegt, daß die angestrebten Bearbeitungseffekte, eine vielseitige Verwendbarkeit und die Kombinierbarkeit gewährleistet sind. Das derzeitige Angebot läßt

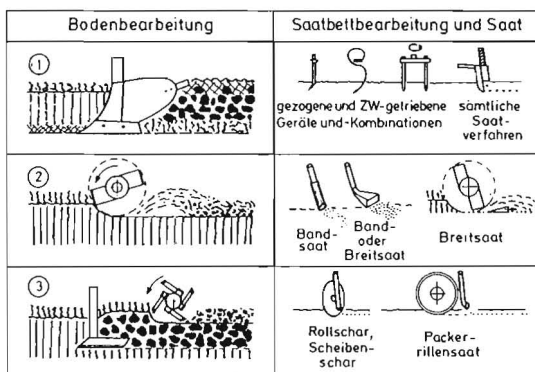


Bild 3: Die Durchführung der vorausgehenden Bodenbearbeitung hat wesentlichen Einfluß auf die verwendbare Gerätetechnik für Saatbettbereitung und Saat.

zwei unterschiedliche Entwicklungsrichtungen erkennen (**Bild 3**).

Die bewährten, ausgereiften und preiswerten gezogenen Gerätekombinationen werden vor allem für die Saatbettbereitung auf den unproblematisch bearbeitbaren Böden und nach vorhergehendem Pflugeinsatz bevorzugt. Neben den überwiegend verwendeten „Zweifachkombinationen“, bei denen in einem Tragrahmen hintereinander unterschiedliche Bauformen von Zinkeneggen und Krümelwalzen angeordnet sind, ist ein umfangreiches Angebot von „Mehrfachkombinationen“ festzustellen. Hier lassen sich in einem Geräteraahmen mehrere Werkzeuge mit unterschiedlichen Bearbeitungseffekten anordnen. Dadurch soll gewährleistet werden, daß z. B. bei sehr lockerer Bodenstruktur eine gezielte, flache Saatbettbereitung und intensive Rückverfestigung des bearbeiteten Horizontes, oder für Flachsaaten neben einer intensiven Krümelung auch eine gute Einebnung der Bodenoberfläche erzielt wird.

Einen besonderen Schwerpunkt der Weiterentwicklung bilden jedoch die Zapfwellengeräte für die Saatbettbereitung. Mit diesen Geräten ist ein gezieltes Vorbereiten des Saatbettes mit einem Minimum an Arbeitsgängen nicht nur bei nahezu sämtlichen Fruchtarten und Einsatzverhältnissen, sondern vor allem auch auf den schwerer bearbeitbaren, tonigen Böden möglich [12; 13]. Eine besondere Bedeutung erhalten die Zapfwellengeräte jedoch durch die Möglichkeit zur Kombination mit Sägeräten jeglicher Art und damit für eine Feldbestellung mit reduziertem Aufwand (**Bild 4**). Dies setzt jedoch Konstruktionen voraus, mit denen die angestrebten Bearbeitungseffekte in einem Arbeitsgang sicher erzielt werden können, eine hohe Funktionssicherheit besteht und bei Pflanzenresten im Saathorizont keine Verstopfungsgefahr zu befürchten ist [14].

In der technisch-konstruktiven Weiterentwicklung ist eine gewisse Konsolidierungsphase eingetreten. Kreiseleggen nehmen eindeutig den Hauptteil des Angebotes ein. Weiterentwicklungen konzentrieren sich vor allem auf die Arbeitswerkzeuge (z. B. hinsichtlich Zinkenform, Anstellwinkel etc.), damit sollen die Einsatzbereiche erweitert werden. Daneben gewinnen Rotoreggen zunehmend an Bedeutung, wobei die keilförmigen, in den Boden einstechenden Zinkenformen frühere Werkzeugvarianten weitgehend verdrängt haben [15 bis 18] (**Bild 5**). Sie lassen universellere Verwendbarkeit und Energieeinsparungen erwarten. Neuere Rotoreggen-

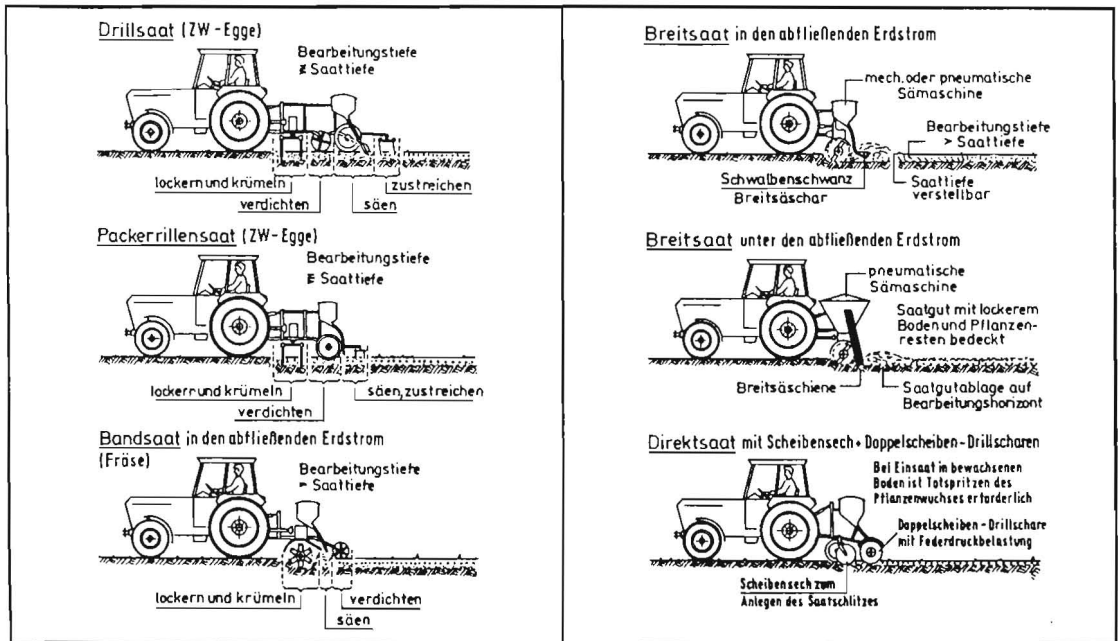


Bild 4: Zapfwellengetriebene Nachbearbeitungsgeräte eignen sich besonders vorteilhaft für die Kombination mit Sämaschinen.

Konstruktionen sind mit austauschbaren oder Wendezinken ausgerüstet, für das Einarbeiten von Ernterückständen lassen sich Keilzinken mit schmalen, V-förmigen Flügeln verwenden.

Bodenfräsen, Zapfwelleneggen mit oszillierenden und rotierenden, „auf Griff“ stehenden Werkzeugen sind nach wie vor im Angebot und behalten für bestimmte Einsatzbereiche ihre Bedeutung.

Die Ausrüstung der Zapfwelleneggen mit verschiedenen Zusatzeinrichtungen soll die Ein-

satzbereiche erweitern, die Funktionssicherheit erhöhen, die Reparaturanfälligkeit verringern und die Bedienung erleichtern. Hierzu zählen z. B. Untersetzungsgetriebe für das Verändern der Werkzeugbewegungsgeschwindigkeit, ein „Gelenkwelldurchtrieb“ für den Antrieb angebauter pneumatischer Sämaschinen, gefederte Werkzeuge und Überlastsicherungen sowie hydraulisch einklappbare Seitenteile bei Geräten mit Arbeitsbreiten über 3 m. Überwiegend werden die zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräte mit Nachläuferwalzen ausgerüstet, die eine exakte Tiefenführung des Gerätes und das Rückverfestigen des intensiv gelockerten Bodens übernehmen. Das Angebot ist außerordentlich vielfältig und soll ein exaktes Anpassen an unterschiedliche Einsatzbedingungen und Aufgaben möglich machen.

Neuere ackerbauliche Aspekte haben Weiterentwicklungen im Bereich der verdichtenden Geräte initiiert. Nachdem leistungsstarke Allradschlepper in zunehmendem Umfang mit Frontkrafthebern ausgerüstet werden, ist es möglich, Packerelemente, Walzen oder Einfach- bzw. Doppelzahnkrümmer frontseitig im Schlepper anzuordnen. Dabei wird teilweise der Bereich der Schlepperräder ausgespart. Durch den nach vorn

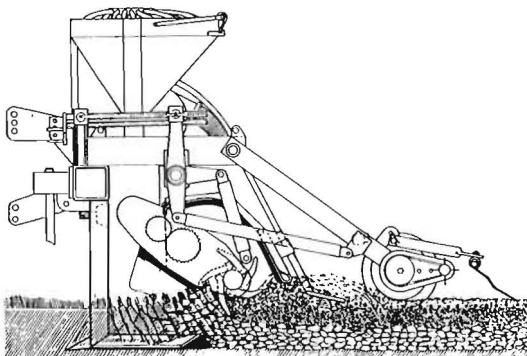


Bild 5: Kompakt-Kombination für die Bestellsaat mit Flügelscharrgrubber, „stechendem“ Zinkenrotor und aufgebauter pneumatischer Sämaschine.

verlegten Zugpunkt lassen sich die Frontgeräte auch bei Kurvenfahren exakt führen.

Moderne und leistungsfähige Walzenbauformen werden vorwiegend als Aufsattelgeräte mit Arbeitsbreiten bis etwa 12 m angeboten. Neben der verfestigenden Wirkung wird besonderer Wert

auf eine gute Selbstreinigung gelegt. Daher finden neben den bewährten Walzenformen (z. B. Cambridge-Walze) neuere Konstruktionen wie z. B. die Prismenwalze mit geteilten, auf ein oder zwei Wellen angeordneten Ringen steigendes Interesse.

5. Bestellung und Saat

Allgemeines

Die Entwicklung der Bestellungs- und Sätechnik muß den Änderungen im Anbauverhältnis der Feldfrüchte entsprechen. Die Haupt-Feldfrüchte Getreide und Mais haben bedingt durch die Marktsituation in der Bundesrepublik Deutschland und in den westlichen Nachbarländern Einbußen in der Anbaufläche erfahren. Stattdessen wurde der Anbau von öl- und eiweißreichen Körnerfrüchten wie Raps, Erbsen und Bohnen erheblich ausgeweitet. So stieg die Raps-Anbaufläche in der Bundesrepublik in den vergangenen zehn Jahren auf rund das Vierfache; sie übertraf 1987 mit 421000 ha diejenige des Körnermaises sehr deutlich. In der gleichen Zeitspanne erhöhte sich die Anbaufläche für die Körnerleguminosen Erbsen und Bohnen auf das Zehnfache; sie erreichte 1987 die Fläche von 99000 ha. Im folgenden wird vornehmlich die Bestellungs- und Sätechnik für diese „neuen“ Früchte behandelt.

Saatbettbereitung

Weit verbreitet ist die Auffassung, daß das Saatbett umso feiner sein sollte, je kleiner die Samen sind. Demnach müßte für den Raps – dessen Tausendkornmasse etwa 1/9 derjenigen von Getreide entspricht – ein feines Saatbett hergerichtet werden. Das honoriert der Raps aber keineswegs immer.

Wie Bild 1 zeigt, führt bei konstanter Saatmenge ein feines Saatbett nur dann zu einer höheren Herbstbestandesdichte als ein grobes Saatbett, wenn die Bodenoberfläche nicht verschlämmt ist. Unter dieser Voraussetzung liefert auch die Einzelkornsaat wegen der präziseren Samenablage einen höheren Feldaufgang als die Drillsaat.

Wenn hingegen ein feines Saatbett die Verschlämmlung der Bodenoberfläche zur Folge hat, ermöglicht auch die Einzelkornsaat keinen hohen Feldaufgang (Bild 1, links). Der Raps reagiert wesentlich empfindlicher auf eine Verschlämmlung des Saatbettes als das Getreide.

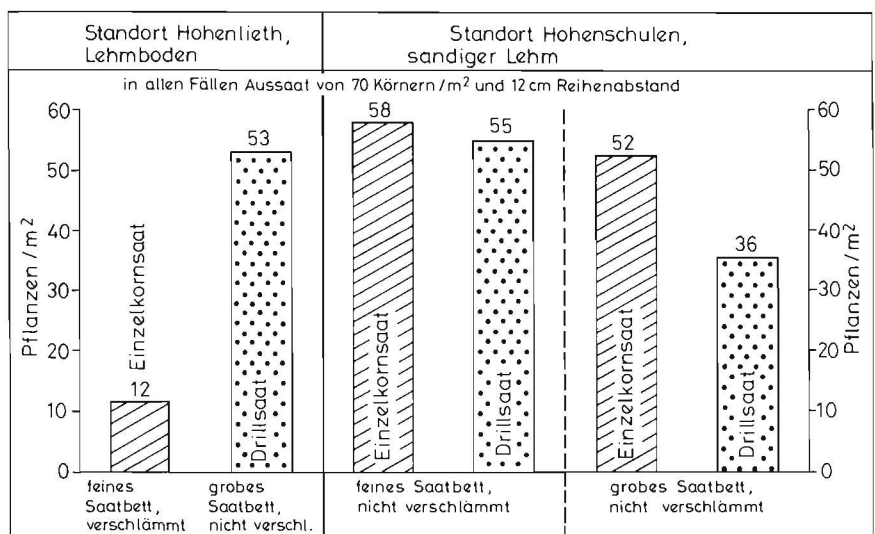


Bild 1: Herbstbestandesdichte, Saatbettstruktur und Sätechnik bei Raps.

Der Landwirt weiß natürlich nicht immer von vornherein, ob das Saatbett verschlämmt wird. In dieser Hinsicht sind auch die nicht vorhersehbaren Niederschlagsverhältnisse von Bedeutung. Ein grobes Saatbett kann aber immer noch einen ausreichenden Feldaufgang liefern, wenn die erforderliche Tiefenablage der Samen genügend präzise eingehalten wird. Das grobe Saatbett darf also nicht dazu führen, daß die Schare springen. Diese Gefahr ist bei der Drillsaat wesentlich höher als bei der Einzelkornsaat, denn die Einzelkornsäaggregate sind wesentlich schwerer als die Drillschare. Sie werden deshalb auch weniger durch Kluten ausgehoben, sondern sind eher in der Lage, diese zur Seite zu räumen. Daraus erklärt sich die Tatsache, daß die Differenzen im Feldaufgang zwischen Drillsaat und Einzelkornsaat in der Regel bei einem groben Saatbett größer sind als bei einem feinen Saatbett (Bild 1, Standort Hohenschulen). Wer also bei zur Verschlämmung neigendem Boden in ein grobes Saatbett bestellen muß, benötigt eine Sätechnik, die trotzdem die Samen präzise ablegt.

Saattiefe

Man findet oft den Hinweis, daß die Saattiefe umso geringer sein sollte, je kleiner die Samen sind. Demnach wäre für den Raps eine flachere Ablage als für Getreide einzustellen. Wie **Bild 2** zeigt, ist für den Raps – trotz der kleineren Samen – eine flachere Ablage als beim Getreide aber nicht nötig [1]. Die mittlere Ablagetiefe von 3 cm liefert kurz nach der Aussaat die höchste Pflanzenzahl und hat wegen des zügigen Aufganges sowie der damit verbundenen Entwicklung kräfti-

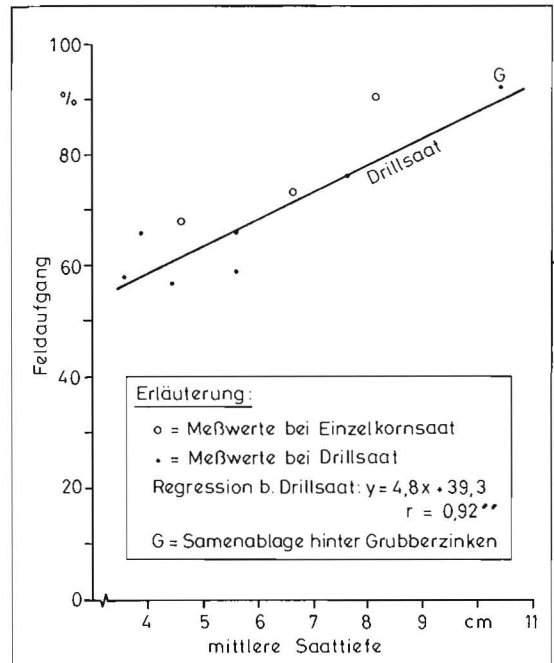


Bild 3: Saattiefe und Feldaufgang bei Ackerbohnen.

ger Pflanzen im Herbst auch den geringsten Pflanzenverlust über Winter zur Folge. Bei flacher Saat laufen Ende August wesentlich weniger Pflanzen auf; auffallend ist aber, daß die flachere Saat Ende September trotzdem den höchsten Pflanzenbestand hat. Aber die Nachzügler der flachen Saat kommen zu spät. Sie bilden im Herbst nicht mehr eine kräftige, flache Rosette aus und überdauern daher größtenteils den Winter nicht.

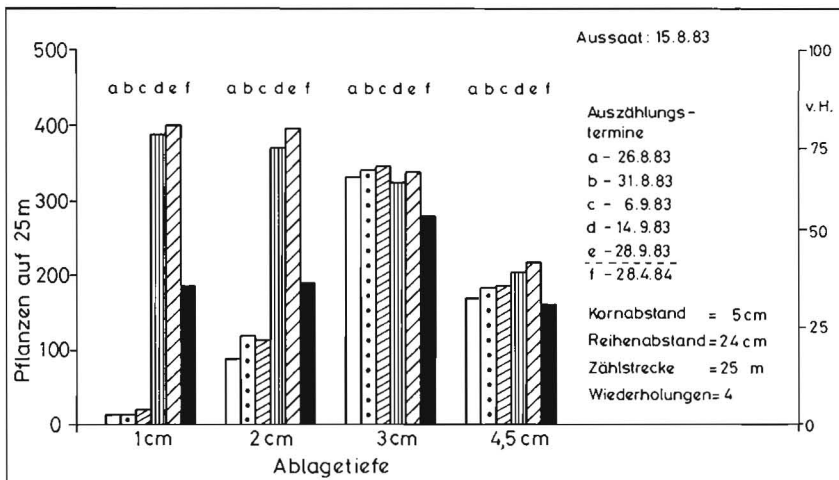


Bild 2: Rapsbestandesdichten bei verschiedenen Ablagetiefen.

Bild 4: Bedingungen für die Sätechnik bei verschiedenen Früchten.

Fruchtart	Samendichte in Körner je m ²	Derzeit übliche Säverfahren	Bedingungen für Einzeldosierung der Samen
Körnermais	6 - 12	Einzelkornsaat	steigende Kosten ↓ einer Einzelkornsaat
Silomais	9 - 15		
Zuckerrüben	10 - 30		
Ackerbohnen	30 - 50	Übergangsbereich	
Raps	50 - 90		
Erbsen	60 - 100	Drillsaat, Bandsaat oder Breitsaat	
Getreide	200 - 500		
Rotklee	500 - 1000		
Weidelgras	700 - 2000		

Das Auflaufverhalten des Rapses unterscheidet sich deutlich von demjenigen anderer Kulturpflanzen. Der Raps läuft bei fast jeder Saattiefe auf, leider aber nicht immer zur gewünschten Zeit. Die zu flache Saat verursacht Nachzügler im Herbst, die dem Winter erliegen. Die zu tiefe Saat führt vor allem zu Nachzüglern, die in der nächsten oder übernächsten Frucht erscheinen und damit bei dem derzeit anstehenden Übergang zu glukosinolatarmen Sorten stören. Im einzelnen bestimmt natürlich auch der Witterungsverlauf die optimale mittlere Tiefenablage.

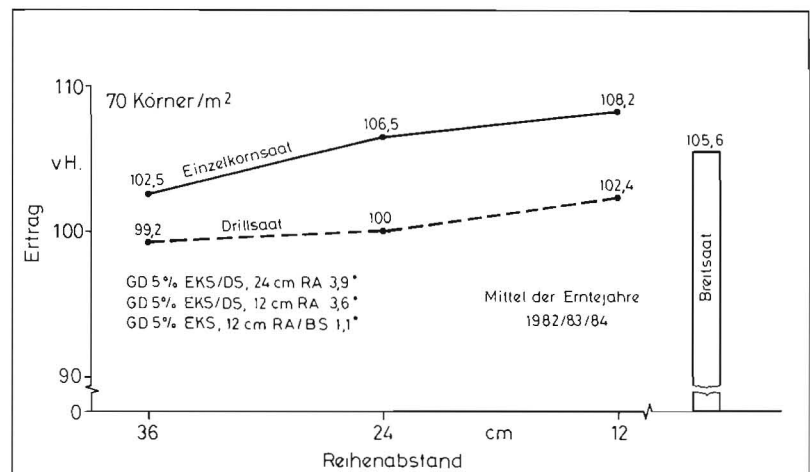
Die Körnerleguminosen Erbsen und Bohnen hingegen erfordern im Regelfall eine deutlich tiefere Ablage als das Getreide. Das gilt insbesondere für die Bohnen. Wie Bild 3 zeigt, wurde der höchste Feldaufgang bei einer Saattiefe von 10 cm erzielt. Diese Saattiefe ist bei Einsatz der üblichen Drillmaschinen mit Schlepp-, Säbel- oder Scheibenscharen nicht erreichbar, da die Gerätemasse bei fast allen Bodenverhältnissen zu gering ist. Abhelfen können aber Schare mit in

Fahrtrichtung nach vorn zeigenden Scharspitzen, die „auf Griff stehen“. Dazu gehören in Fahrtrichtung nach vorn gekrümmte Feingrubberzinken mit dahinter angeordneten Säleitungen oder bestimmte Formen von Gänsefußscharen. Bei vielen Einzelkornsägeräten hingegen ist die Gerätemasse je Schar so hoch, daß auch bei der vorherrschenden Ausrüstung mit Schlepp- oder Säbelscharen annähernd die erforderliche Saattiefe erreicht werden kann. Da die Einzelkornsaat darüberhinaus noch eine präzisere Tiefenablage und gleichmäßigere Samenabstände liefert, ist sie für Bohnen vermutlich als das Verfahren der Zukunft anzusehen. Für Erbsen ist im Vergleich dazu eine deutlich höhere Samendichte je Flächeninhalt erforderlich, wodurch die Anwendung der Einzelkornsaat erschwert wird (Bild 4).

Säverfahren

Sofern die optimale mittlere Saattiefe erreicht wird, beeinflussen die Säverfahren den Ertrag im wesentlichen durch die Streuung der Tiefen-

Bild 5: Säverfahren und Ertrag bei Raps.



ablage und durch die Samenverteilung über die Fläche.

Bild 5 enthält gemittelte Ergebnisse von dreijährigen Feldversuchen über Drillsaat, Einzelkornsaat und Breitsaat von Raps. Die Breitsaat erfolgte mittels Flügelscharen, deren Streuung der Tiefenablage etwa derjenigen von Drillscharen entspricht. Die Versuche wurden ansonsten auf gepflügtem Leimboden in Ostholstein angelegt [2].

Die Ergebnisse zeigen, daß sowohl bei der Drillsaat als auch bei Einzelkornsaat der Ertrag – bei gleichbleibender Saatmenge je ha – mit abnehmendem Reihenabstand steigt. Das ist jeweils als eine Wirkung der verbesserten Samenverteilung

über die Fläche anzusehen [3], zumal innerhalb dieser Säverfahren mit der Verengung des Reihenabstandes sich die Genauigkeit der Tiefenablage nicht ändert. Ansonsten liegt aber die Einzelkornsaat im Ertrag deutlich über der Drillsaat. Das ist eine Wirkung sowohl der besseren Samenverteilung über die Fläche als auch der gleichmäßigeren Tiefenablage. Die Breitsaat mit Flügelscharen schließlich liegt im Feldaufgang immer besser als die Drillsaat, aber unter der engreihigen Einzelkornsaat.

Die bislang oft noch übliche weitreihige Drillsaat von Raps sollte also der Vergangenheit angehören.

6. Pflanzenschutz und Pflanzenpflege

6.1 Pflanzenschutz und Pflanzenpflege in Feldkulturen

Der Pflanzenschutzmittelaufwand bzw. die abgesetzten Wirkstoffe zeigten in den vergangenen Jahren in der Bundesrepublik einen leicht rückläufigen Verlauf. Deutlich rückläufig sind die besonders leicht umweltbeeinflussenden Insektizide [1].

Aus Bild 1 ist der Gesamtabatz an Pflanzenschutzmitteln, aufgeteilt nach den wesentlichen Wirkrichtungen, dargestellt. Hiernach nehmen die Herbizide nach wie vor den größten Anteil ein, die zu einem geringeren Teil im Voraufbau-, der überwiegende Teil in Nachaufbauverfahren angewendet wird. Die leichte Zunahme des Einsatzes von Fungiziden ist auf das vermehrte Auftreten von Getreidekrankheiten zurückzuführen.

Die technischen Entwicklungen besonders der letzten beiden Jahre waren gekennzeichnet durch:

1. Weitere Steigerung der Verteilungsgüte
2. Verminderung des Flüssigkeitsaufwandes je Behandlungsfläche
3. Maßnahmen zur Vermeidung von umweltgefährdenden Nebenwirkungen
4. Verbesserung des Anwenderschutzes.

Erhöhung der Verteilungsgüte

Die Erkenntnis, bei einer gesicherten Güte in der Verteilung des chemischen Wirkstoffes mit Aufwendungen auszukommen, die zumindest an der unteren Grenze der Anwendungsempfehlungen liegen, hat sich auf größerer Breite durchgesetzt. Einwandfrei arbeitende Pflanzenschutzgeräte sind hierfür eine erste Voraussetzung.

Die Aufgabe, eine in der Praxis verbreitete Verbesserung der Applikationstechnik herbeizuführen, muß auch die im Einsatz befindlichen Geräte einschließen. Insbesondere ist es wichtig, diese Geräte in einem Betriebszustand zu halten, der den erhöhten Anforderungen an die Verteil-

genauigkeit gerecht wird. Die Bemühungen des öffentlichen Pflanzenschutzdienstes der Länder haben durch Einrichtung von sogenannten Kontrollstationen, insbesondere in den Handels- und Reparaturwerkstätten, erheblich zur Verbesserung des Geräteparks beigetragen. Wenn auch bis heute eine vollständig freiwillige Kontrolle aller Gebrauchtgeräte nicht erreicht werden konnte, so ist doch in den vergangenen Jahren durch die freiwillige Gerätekontrolle ein wirksamer Schritt zur Verbesserung des praktischen Pflanzenschutzes getan worden [2]. Neueste Zahlen weisen aus, daß in den Bundesländern Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Bayern 24 bis 20% aller vorhandenen Feldspritzgeräte durch diese freiwilligen Kontrollen geprüft und auf den erforderlichen Betriebs-

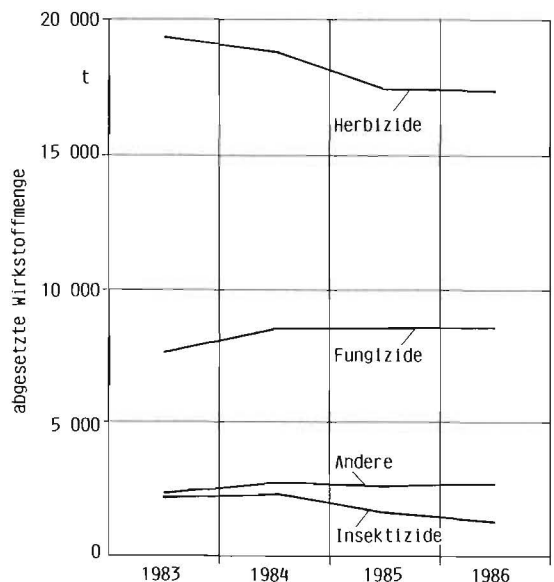


Bild 1: Jährlich auf dem deutschen Markt abgesetzte Pflanzenschutzmittel.

zustand gebracht worden sind. Bundesweit sind das von den geschätzten in der Praxis befindlichen 173 000 Geräten etwa 15%. Etwa 43% der überprüften Geräte war bei der Prüfung fehlerfrei. Es ist zu vermuten, daß diese weitgefächerten Kontrollmaßnahmen auch über den geprüften Rahmen hinaus motivierend zur technischen Verbesserung des Geräteparks beitragen.

Verbesserungen der Verteilungsmessung für Kontrolleinrichtungen sind auf dem Wege. So geben schwedische Untersuchungen eine neue Methode an, die statt der üblichen Profilauffangfläche ein schrittweise arbeitendes Auffang- und Durchflußmeßgerät mit elektronischer Registrierung verwendet [3].

Eine neue Verordnung vom 28. 7. 1987 (BGBl. I S. 1754) enthält neben den Anforderungen an Pflanzenschutzmittel auch solche für Pflanzenschutzgeräte, die in den Verkehr gebracht werden sollen, sowie Mindestangaben für die Gebrauchsanleitung; die Erfüllung dieser Forderungen müssen von den Herstellern in Zukunft selbst bestätigt werden.

Die Erkenntnis, daß die präzise Höhenlage aller Düsen eines Feldspritzbalkens während der Fahrt wesentlichen Einfluß auf die Verteilgenauigkeit hat, führte zu verbesserten Aufhängesystemen der Ausleger [4; 5]. Hierbei haben sich passive Maßnahmen durchgesetzt, den Ausleger sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Ebene zu stabilisieren. Steifere Auslegerkonstruktion in der horizontalen Beanspruchungsebene und Einbau horizontal wirkender hydraulischer Stoßdämpfer werden zunehmend bei den Konstruktionen berücksichtigt (Bild 2). Eine aktive Stabilisierung mittels Sensoren und Aktoren befindet sich noch im Entwicklungsstadium; erste Ausführungen werden bereits auf dem Markt angeboten.



Bild 2: Rohrkonstruktion eines Auslegers (Werkbild Jacoby).

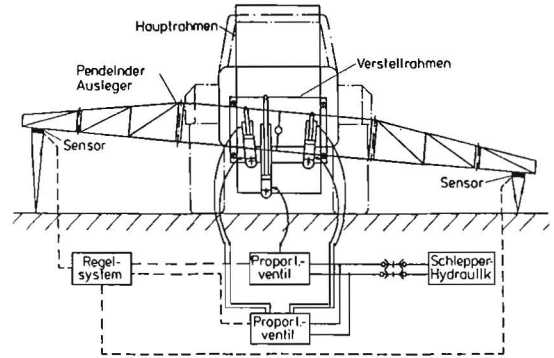


Bild 3: Regelkreis für eine aktive Lagestabilisierung eines Auslegers.

Forschungsarbeiten haben gezeigt [6; 7], daß mittels Ultraschall-Abstandssensoren die Pflanzenoberfläche recht zuverlässig abgetastet werden kann und hiermit ein automatisch arbeitender Regelkreis eine genaue Lagestabilisierung ermöglicht (Bild 3). Entwicklungen sind im Gange, für diffizile Oberflächenstrukturen den Sensoren eine gewisse „Intelligenz“ aufzuschalten, so daß Reaktionen unter nicht sinnfälligen Bedingungen auch ausbleiben können [8].

Zur Erhöhung der Verteilgenauigkeit tragen besonders auch elektronische Regelsysteme bei, die nunmehr von nahezu allen Geräteherstellern serienmäßig angeboten werden. Hierzu werden die Fahrgeschwindigkeit entweder durch Radimpulsgeber oder durch sogenannte Radar-Dopplersensoren [9] und der Flüssigkeitsdurchsatz zu den Düsen gemessen. Ebenso sind die notwendigen motorisch angetriebenen Stellventile- und Durchflußzähler verbessert und preisgünstiger geworden. Mit diesen Regelsystemen ist es der Bedienungsperson möglich, die ausgebrachte Flüssigkeitsmenge pro Fläche sowie auch Tankinhalt und bearbeitete Fläche jederzeit abzufragen und somit den Arbeitsvorgang voll unter Kontrolle zu halten. Die prinzipielle Entwicklung regelungstechnischer Einrichtungen ist bei Pflanzenschutzgeräten, insbesondere bei den Feldspritzgeräten, weitgehend abgeschlossen. Elektronische Bauteile (Bordcomputer) werden von speziellen Herstellern, die sich erst in den vergangenen Jahren etabliert haben, mit genügender Betriebssicherheit bereitgestellt.

Die Entwicklung elektronischer Regler geht nun konsequent zum universell verwendbaren Bordcomputer weiter, mit dem z. B. auch Düngerstreuer und Sämaschinen nach gleichen Gesichtspunkten wie Pflanzenschutzgeräte geregelt werden

können. Jedes einzelne Gerät stellt lediglich seine spezifische Information von den speziellen Sensoren kommend dem Rechner zur Verfügung. Beispielsweise können kodierte Stecker dem Rechner das angeschlossene Gerät zu erkennen geben, der seinerseits dann das der jeweiligen Maschine zugeordnete Programm einschaltet. Bild 4 zeigt solche auf dem Markt verfügbare Bordcomputer für derartige Aufgaben.

Verminderung des Flüssigkeitsaufwandes

Unter der Voraussetzung einer befriedigenden biologischen Wirkung wird die wirtschaftliche Durchführung einer Pflanzenschutzmaßnahme sehr wesentlich vom aufgewendeten Flüssigkeitsvolumen beeinflusst. Nicht zuletzt haben Verbesserungen der Bauteile, die die Verteilung beeinflussen, zu einer generellen Reduzierung des Flüssigkeitsaufwandes geführt [10]. Von den bislang üblichen 400 l/ha geht man in der Praxis mehr und mehr bis auf 200 l/ha zurück. Vereinzelt werden mit konventionellen Geräten auch nur noch 100 l/ha ausgebracht.

Aus Großbritannien kommende Rotationsdüsen, die in den vergangenen Jahren häufiger eingesetzt werden und mit Aufwandmengen bis unter 20 l/ha arbeiten können, haben die Erwartungen nicht erfüllt. Die Ergebnisse, die Praktiker hiermit erzielten, waren zunächst ermutigend. Es stellte sich jedoch insbesondere durch ausgedehnte Versuchseinsätze des amtlichen Pflanzenschutzdienstes heraus, daß die Zuverlässigkeit der biologischen Wirkung häufiger nicht mehr gegeben war [11]. Da die relativ kleinen Tropfen solcher Düsen überwiegend durch ihre Schwerkraft an die Pflanzen gelangen, sind ihre Anlagerungsbedingungen sehr stark vom herrschenden natürlichen Wind abhängig. Insbesondere läßt die Wirkung in den unteren Bereichen dichter Pflanzenbestände stark nach. Empfehlungen zur Markteinführung wurden vom amtlichen Dienst aus diesem Grund nicht gegeben. Rotationszerstäuber sind inzwischen vom Markt nahezu ganz verschwunden.

Die theoretisch und versuchsmäßig nachzuweisenden Vorteile bei der Anlagerung mittels einer elektrostatischen Aufladung der Tropfen [12; 13], haben sich in der praktischen Anwendung nicht voll bestätigt [14; 15]. Zahlreiche Feldeinsätze in allen Anwendungsbereichen (Herbizid-, Fungizid-, Insektizidanwendung) lassen keine größeren Vorteile erkennen [12]. Zurückzuführen ist dieses Ergebnis darauf, daß Fehlanlagerungen sich im normalen Spritzverfahren im Feldbau in Grenzen

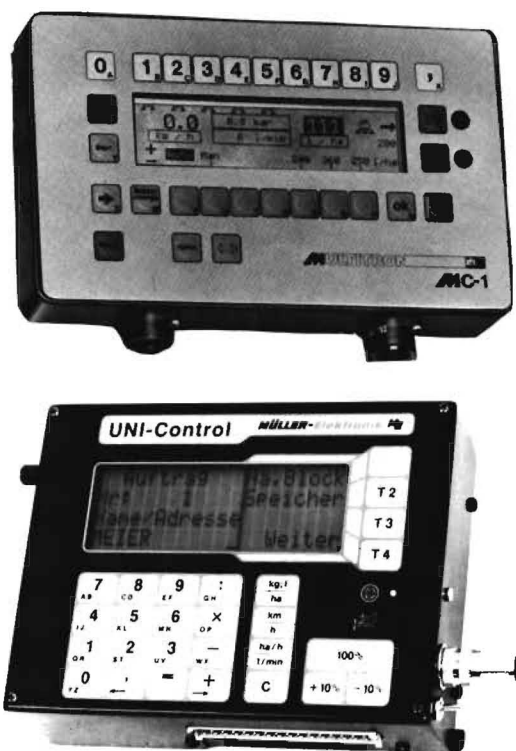


Bild 4: Universell arbeitende Bordrechner (Werkbilder Müller, Multitron).

halten, sofern die sonstigen Applikationsbedingungen optimiert sind. Die Spritzteilchen gelangen auf kurzem Wege an den Bestand heran. Verluste können, abgesehen von Verdampfung und möglicher Drift, nur durch die Teilchen entstehen, die durch den Bestand auf den Boden gelangen. Diese Tropfen sind in der Regel die größeren aus dem Spektrum, die auch durch elektrostatische Kräfte nicht beeinflussbar sind. Hinzu kommt die Tatsache, daß viele Wirkstoffe systematisch wirken und somit die Anlagerung auch an den schwieriger zugänglichen Stellen der Pflanze nicht eine so entscheidende Bedeutung erlangt. Nach dem augenblicklichen Stand der Erfahrungen wird es nicht zur breiten Einführung der Elektrostatik-Anwendung im Freiland kommen. Neue Einsatzmöglichkeiten werden im Unterglasanbau erprobt.

Einen wesentlichen Schritt zur verbreiteten Anwendung niedrigerer Aufwandmengen haben die sogenannten Mehrbereichs- oder Universaldüsen bewirkt. Diese äußerlich an ihrer Gestalt von den herkömmlichen Flachstrahldüsen nicht

zu unterscheidenden Flachstrahldüsen erzielen einen etwas veränderten Zerstäubungsvorgang, der das Teilchengrößenspektrum in Abhängigkeit vom Zerstäubungsdruck in engeren Grenzen hält. Das bedeutet, daß solche Düsen auch mit niedrigem Druck bis herab auf 1 bar bei unverändertem Strahlwinkel mit dem gewünschten Tropfenspektrum betrieben werden können. Beispielsweise verengt sich das Spektrum einer Mehrbereichsdüse gegenüber einer konventionellen Flachstrahldüse bei einer Ausbringmenge von 200 l/ha von 80–680 μ auf 120–670 μ , betrachtet man die 10%- und 90%-Anteile.

Diese Tatsache hat auch für die automatische Regelung des Durchsatzes über den Druck eine besondere Bedeutung, weil der Druckeinfluß auf das Tropfenspektrum hier weniger ins Gewicht fällt.

Zweistoffdüsen, die mit noch geringerem Durchsatz (< 100 l/ha) arbeiten können, haben Vorteile noch nicht erkennen lassen [16].

Nicht zuletzt trägt auch die verbesserte Filterung der Spritzflüssigkeit dazu bei, Düsen mit kleinerem Durchsatz bedenkenloser einsetzen zu können. Es gehört heute zur Standardausrüstung, Filter sowohl saug- wie auch druckseitig zu verwenden und zunehmend auch selbstreinigende Filter einzusetzen [17; 18].

Zusammenfassend kann aufgrund der Ergebnisse zahlreicher Feldversuche festgestellt werden, daß eine Mindestaufwandmenge von etwa 150 bis 200 l/ha für die allgemeine Praxis nicht unterschritten werden sollte, um auch bei den unterschiedlichsten Einsatzbedingungen noch einen gesicherten Erfolg zu erreichen. Das schließt nicht aus, daß in Einzelfällen unter Kenntnis der Randbedingungen auch mit niedrigeren Aufwandsmengen gearbeitet werden kann.

Maßnahmen zur Vermeidung von umweltgefährdenden Nebenwirkungen

In der Fortentwicklung der Pflanzenschutztechnik der letzten Jahre hat die Frage des Umweltschutzes einen besonderen Stellenwert eingenommen. Insbesondere sind Maßnahmen getroffen worden, sowohl eine Boden- als auch Luftbeeinflussung durch Pflanzenschutzmittel zu vermeiden.

Ein Problem bestand bisher in der Beseitigung von Restmengen, die bei Beendigung der Behandlung im Behälter verbleiben. Elektronische Regeleinrichtungen tragen u. a. auch dazu bei, den verbleibenden Rest auf ein Minimum voraus-



Bild 5: Ein sogenannter „Crop Tilter“ im Einsatz.

bestimmen zu können [19; 20]. Des weiteren sind Möglichkeiten geschaffen worden, durch eine starke Verdünnung der verbleibenden Restmenge ein abschließendes Ausspritzen auf einer bereits behandelten Fläche gefahrlos vornehmen zu können. So wird durch eine Gestaltung des Faßbodens erreicht, daß das Faß auch bei einer gewissen Hanglage nahezu vollends entleert werden kann. Mit der Möglichkeit, das Rührwerk in der letzten Spritzphase abschalten zu können, betragen die Restmengen je nach Faßgröße nur noch zwischen 2 und 4 Liter. Schließlich werden in einem getrennten Behälter etwa 50 l reines Wasser mitgeführt, die dazu dienen, die noch verbleibende Restmenge so weit zu verdünnen, daß diese sehr niedrig konzentrierte Flüssigkeit dann auf einem Teil des Feldes gefahrlos ausgespritzt werden kann.

Das Direkteinspritzverfahren [21], bei dem das Pflanzenschutzmittel nicht mehr mit dem im Tank befindlichen Wasser vermischt wird, sondern erst in das auf dem Weg zur Düse befindliche Wasser eingespritzt wird, konnte sich in der Praxis noch nicht durchsetzen. Ein höherer technischer Aufwand und noch nicht praxismäßig entwickelte Bauteile für die Einspritzung sind Gründe hierfür.

Verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der Drift an Feldspritzgeräten waren bzw. sind noch in der Erprobung. Zu nennen sind hier der Einsatz von strömungsgünstig geformten Luftleitblechen [22] zur besseren Führung der Spritzteilchen in den Bestand. Versuche über die Wirksamkeit zeigten eine merklich verminderte Drift besonders bei Verwendung von Doppelprofilen. Eine andere wirksame Möglichkeit, die Drift bei Behandlung von Getreide und ähnlichen Kulturen zu vermindern, haben Versuche mit sogenannten „Crop Tilter“ gezeigt [23]. Durch eine am eigentlichen Spritzbalken voraus angebrachte Niederhalterstange werden die Getreidehalme nach vorn gebogen. In den entstehenden Spalt kann die Spritzflüssigkeit aus einer niedrigeren Höhe über dem Bestand ausgebracht werden. Der Einfluß des natürlichen Windes und damit gleichzeitig die Drift, wird dadurch beträchtlich vermindert. Die Ergebnisse weiterer Erprobungen werden über die Verbreitung dieser relativ einfachen Maßnahme entscheiden (Bild 5).

Untersuchungen über die entstehende Drift bei Pflanzenschutzmaßnahmen haben die wesentlichen Einflußfaktoren und Ursachen verdeutlicht [24; 25]. Hiernach hat der natürliche Wind neben der Tröpfchenaufbereitung den entscheidenden Einfluß. Entwicklungen von Meßgeräten zur Bestimmung der Drift im praktischen Feldeinsatz haben zu einer einfach handhabbaren Meßmethode geführt. Hierbei wird nicht mehr der Wirkstoff oder ein Modellstoff gemessen, sondern die Tröpfchenmasse selbst in Form einer Temperaturabsenkung [26].

Weniger technisch als mehr betriebsorganisatorisch im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes können Maßnahmen für eine bessere Prognose sich entwickelnder Pflanzenkrankheiten zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln und damit zum Umweltschutz beitragen. Unter anderem versucht man durch eine längerfristige lokale Wettervorhersage und aus dem Klimaverlauf Vorhersagen über die Entwicklung von Pflanzenkrankheiten zu geben [27]. Prophylaktische Behandlungsmaßnahmen könnten hierdurch eingeschränkt werden. Hinzu kommen Empfehlungen über eine genaue Feldbeobachtung, deren Daten zu Verrechnungsstellen gegeben werden, die ihrerseits dann Empfehlungen über die Art der Behandlung abgeben [28; 29].

Verbesserung des Anwenderschutzes

Sowohl technische Maßnahmen an den Maschinen als auch die Bereitstellung einer verbesserten Schutzbekleidung haben in den vergangenen Jahren erstmals durchgreifender zum Anwenderschutz beigetragen. Expositionsstudien von Pflanzenschutzmitteln zeigten, daß der Anwender beim Ansetzen und Mischen der Produkte und ebenso beim Reparieren der Spritzgeräte am stärksten belastet ist [30]. In den vergangenen Jahren wurden Zusatzgeräte für das Anmischen der Spritzflüssigkeit entwickelt und auf den Markt gebracht. Das sind gesondert am Gerät angebrachte Anmischbehälter, Einsprühbrausen im Behälterdeckel und Einspülschleusen. Außerdem werden von der chemischen Industrie pulverförmige Produkte in wasserlöslichen Folienpackungen in solchen Packungsgrößen angeboten, die unmittelbar in geschlossener Form in den Tank eingegeben werden können. Spezielle Leichtfahrzeuge in Form von motorradähnlichen Dreiradfahrzeugen mit breiter Niederdruckbereifung ermöglichen in Verbindung mit kleinen Anhängerspritzen das Befahren wenig tragfähiger Böden.

Mitgeführte Klarwassertanks am Gerät ermöglichen das Waschen der Hände oder anderer Körperstellen auch auf dem Feld. Ferner werden stationäre Abfüllanlagen, die ein berührungsloses Abfüllen der flüssigen Mittel erlauben, von der Geräteindustrie bereitgestellt.

Das Angebot von Schutzanzügen, -handschuhen, -brillen und Atemmasken hat zugenommen. Leider erfüllen die Trageigenschaften von beispielsweise polyurethanbeschichteten Schutzanzügen durch den eingeschränkten Gasaustausch nicht alle notwendigen Tragbedingungen. Atemschutzmasken stehen als Halb- und Vollmasken zur Verfügung. Das Tragen wird allgemein als lästig empfunden. Einen zuverlässigen und angenehmen Atemschutz gewährleisten geschlossene Fahrerkabinen mit entsprechenden Atemschutz-Filteranlagen. Gas- und Partikelfilter für die Filterung der verschiedensten Inhaltsstoffe stehen auf dem Markt jetzt zur Verfügung.

Zur Abschätzung des gesundheitlichen Risikos durch Pflanzenschutzmittel in der Umwelt und am Arbeitsplatz wird versucht, Modelle über den Wirkstoffverbleib aufzustellen [31].

6.2 Pflanzenschutz und Pflanzenpflege in Intensivkulturen

Allgemeines

Die Entwicklungen in der Pflanzenschutztechnik, insbesondere in der Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten in Raumkulturen, nehmen gegenüber Frost- und Hagelabwehrmaßnahmen aus ökologisch-ökonomischen Aspekten weltweit eine Sonderstellung ein. Dabei wird dem chemischen Pflanzenschutz im Gegensatz zu biologischen und physikalischen Verfahren, insbesondere aber gegenüber dem integrierten Pflanzenschutz, also der Kombination dieser Verfahren, die nicht vorbeugend, sondern unter Berücksichtigung einer wirtschaftlichen Schadensschwelle eingesetzt werden, mehr an Bedeutung beigemessen.

An Pflanzenschutzgeräten für Raumkulturen werden hohe Anforderungen gestellt, weil jährlich mit bis zu 20 Behandlungen bei Expositionszeiten von durchschnittlich 20 h/ha sowie einem Energieeinsatz bis zu 12 GJ/ha gerechnet werden muß [1]. Außerdem wird mit geringen Ausbringungsmengen, hohen Brühkonzentrationen und kleinen Tropfengrößen gearbeitet, die – in einem Trägerluftstrom eingebettet – vom Boden aus vorwiegend schräg nach oben in die Raumkultur appliziert werden [2]. Die Gefahr der Umweltbelastung – Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Luft, Wasser – kann dabei besonders hoch werden.

Die Applikationstechnik für Raumkulturen wurde in den vergangenen Jahren, insbesondere im Bereich Wirkstoffmittelverteilung – Zerstäubung, Trägerluftführung, elektrostatische Teilchenaufladung, Wirkstoffrückgewinnung – und im Problemkreis Mensch und Maschine – Steuer- und Regulierung, Prüfung und Kontrolle, Verminderung der Kontamination – sowie in der Erhöhung der Schlagkraft der Geräte weiterentwickelt [3 bis 6]. Daneben sind neue Verfahrenstechniken in der Luftapplikation mit Einfach-Leichtflugzeugen und ferngesteuerten Modellflugzeugen untersucht bzw. vorangetrieben worden.

Pflanzenschutz

Eine ökonomisch sinnvolle Verringerung der Aufwandmenge bedingt, bei gleichem gefordertem Bedeckungsgrad an der Zielfläche, eine gleichzeitige Reduzierung der Tropfengröße sowie eine Einengung des Tropfenspektrums. Mit weiterentwickelten, herkömmlichen Druckzer-

stäubern sind, bei üblichen Applikationsbedingungen, Ausbringungsmengen bis auf 100 und 200 l/ha möglich, ohne die Funktion der Düsen bzw. deren Verstopfung zu gefährden [7]. Eine weitere Senkung der Düsenausflußmenge bzw. der Aufwandmenge auf 30 bis 50 l/ha ist nur mit Rotations-, Zweistoff- oder Ultraschallzerstäubern möglich (Bild 1). Die Industrie bemüht sich dabei verstärkt um Zerstäuber mit engen Tropfenspektren bzw. einheitlicheren Tropfengrößen, weil kleine Tropfen besonders driftgefährdet, große Tropfen wenig zur Bedeckung der Zielfläche beitragen [8 bis 10]. Zur Anpassung an Vegetation bzw. Laubentwicklung sowie Schädlings- und Krankheitsbefall werden zunehmend auch in Raumsprühgeräten Mehrfachdüsen mit unterschiedlichen Ausflußmengen angeboten. Verbesserte Düsenwerkstoffe und Herstellungsverfahren erhöhen Lebensdauer und Funktionssicherheit und verringern die Ausflußtoleranz der Zerstäuber.

Die Tropfenrichtung und -energie und damit die Anlagerung und Verteilung der Wirkstoffe an der Pflanze sowie die verursachte Drift wird bei Sprühgeräten weitgehendst durch den Trägerluftstrom bzw. die Strahlform bestimmt. Ebene Luft-Frei-

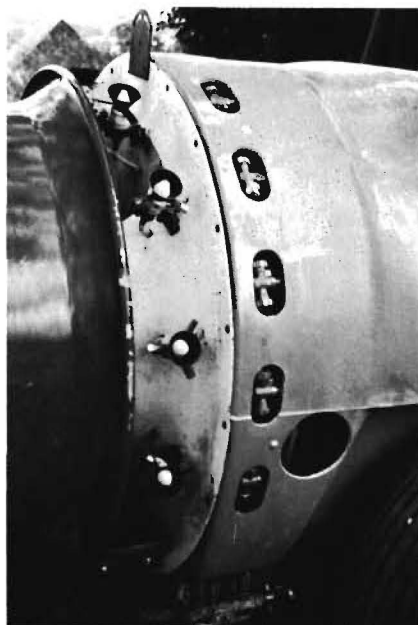


Bild 1: Rotationszerstäuber mit Antrieb durch den Trägerluftstrom eines Sprühgerätes (Werkbilder Munkhoff und Bahls).

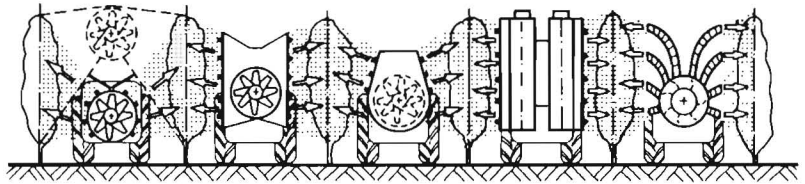


Bild 2: Gebläsebauarten, Luftstrahlführungen von Sprühgeräten für den Weinbau und niedrige Obst-Engpflanzungen.

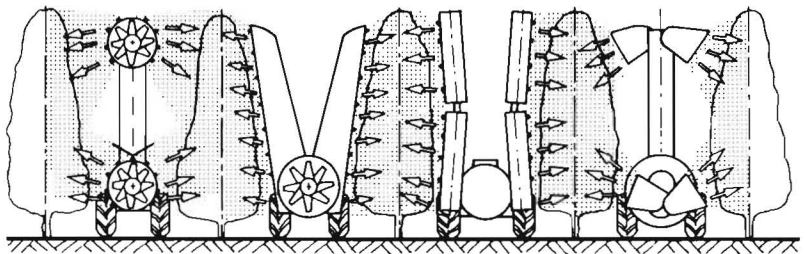
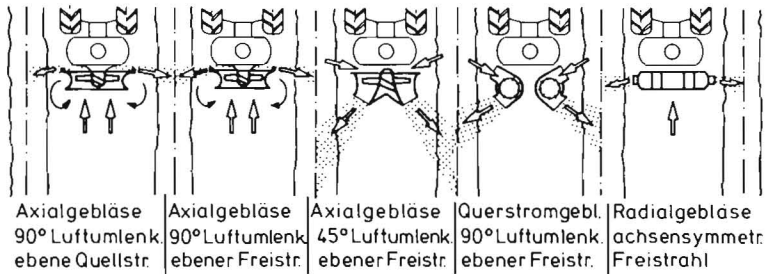
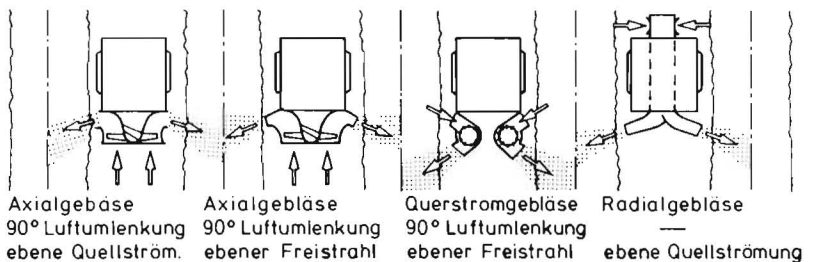


Bild 3: Gebläsebauarten, Luftstrahlführungen von Sprühgeräten für höhere Obst-, Hopfen- und Zitruskulturen.



strahlen, die parallel oder etwas nach oben und schräg nach hinten gerichtet, entgegen der Fahrtrichtung auf die Laubwand auftreffen, sind vorteilhaft [11 bis 14]. Im Weinbau und in Obst-Engpflanzungen mit Baum- und Rebhöhen bis zu 2,5 m werden Geräte nach **Bild 2**, für höhere Obst- und Zitruskulturen sowie vereinzelt auch für Hopfen Geräte nach **Bild 3** angeboten. Ebene Freistrahlen besitzen auch während der Fahrt in der Anlage eine größere Reichweite als achsensymmetrische Freistrahlen und ebene Quellströmungen. Die verschiedenen Strahlformen sind grundsätzlich mit jedem Gebläse-Axial-, Radial- oder Querstromgebläse erzielbar. Nur vereinzelt werden

Luftleiträder bzw. Luftleitbleche zur Beseitigung des Dralles und zur Vereinheitlichung des Luftvolumens am Gebläseaustritt eingebaut.

Mit der elektrostatischen Spritzflüssigkeits-Aufladung erhalten die Tropfen neben ihren mechanisch-dynamischen Kräften zusätzlich elektrische Feld- und Anziehungskräfte durch das Zielobjekt. Besonders bei kleinen Tropfen geringer Geschwindigkeit führt dies zur vermehrten Wirkstoffanlagerung und verbesserten Verteilung an der Pflanze sowie zur verminderten Abdrift [15 bis 17]. Mit der Pflanzen- und Anlageabhängigen Optimierung von Trägerluftstrom, Tropfengröße und deren elektrischer Ladung können Sprühver-

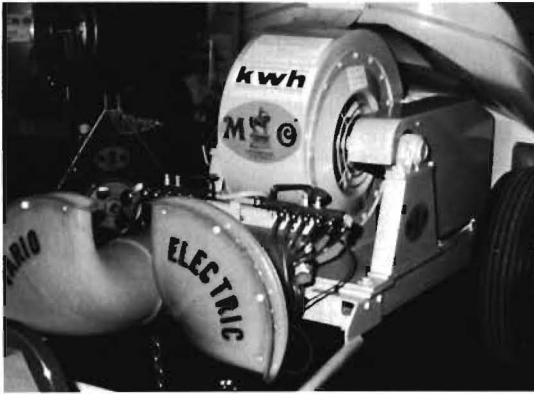


Bild 4: Raum-Sprühgerät mit Radialgebläse und elektrostatischer Influenzaufladung (Werkbild Kinkelder).

fahren in Raumkulturen somit weiter verbessert werden.

Kontakt-, Korona- und Influenzaufadesysteme erzielen unterschiedlich große elektrische Tropfenladungen und bedingen andererseits verschieden großen konstruktiven Geräteaufwand (Bild 4). Der Einfluß physikalischer Flüssigkeitseigenschaften auf die elektrische Ladung sowie derjenigen der Tropfengröße und -geschwindigkeit auf die Wirkstoffverteilung, -anlagerung und -durchdringung im Pflanzenbestand ist von besonderer Bedeutung [18; 19]. Hohe Kosten und mangelnde Funktionssicherheit der meist nachträglich einzubauenden elektrischen Einheiten verzögern den Eingang in die Praxis.

Der Wiedergewinnung von nicht zur Anlage gelangter Wirkstoffteilchen mißt man seit kurzem wieder Bedeutung bei. Prallflächen bzw.



Bild 5: Recycling-Spritzgerät für den Weinbau (Werkbild Dagnaud).

Spritztunnel, welche die Reihenkultur von oben umschließen, reduzieren die Bodendrift, verhindern die Luftdrift und verbessern zugleich durch Reflektion der Tropfen an der Prallfläche die Wirkstoffmittelverteilung, insbesondere beim Spritzverfahren in Niedrig-Raumkulturen (Bild 5) [20; 21]. Die mögliche Reduzierung der Wirkstoffmenge, das Befahren nur jeder zweiten Zeile sowie der geringe konstruktive Mehraufwand erhöhen die Wirtschaftlichkeit und die Schlagkraft dieser Recyclingverfahren. Wird dagegen im Sprühverfahren mit einem zweiphasigen Luft-Tropfengemisch mit Tropfenabscheidung und -rückführung gearbeitet, so wird der konstruktive Aufwand groß und die Wirkstoffverteilung in der Pflanze nicht verbessert [22].

Zunehmend werden auch Pflanzenschutzgeräte für Raumkulturen mit elektronischen Einstellhilfen für die vegetations- und behandlungsspezifische Grundeinstellung des Gerätes ausgestattet. Fahrgeschwindigkeitsabhängige, selbsttätige Regel- und Steuereinrichtungen für das Ausbringungsvolumen werden aus Kostengründen nur vereinzelt eingebaut [23]. Größtenteils werden Techniken angeboten, mit denen der Schleppfahrer das Gerät überwacht und über die elektrohydraulische Fernbedienung manuell korrigierend in den Regelkreis eingreift.

Diese Maßnahmen, wie Reduzierung der Trägerstoffmenge, Verbesserung der Luftführungen, Einführung der Elektronik und Erhöhung der Funktionssicherheit steigern die Leistung, insbesondere aber die Schlagkraft der Geräte.

Im Zusammenhang mit dem zum 1. Juli 1988 wirksam werdenden Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen müssen u. a. Pflanzenschutzgeräte weitergehenden Anforderungen genügen. Zur Prüfung neuer und zur Kontrolle von im Einsatz befindlicher Geräte werden Meßstände zur Wirkstoffmittelverteilung von Raum-Sprühgeräten entwickelt und gebaut [24; 25]. Problematisch ist dabei, kostengünstige Prüfstände zu bauen, die eine Tropfenabscheidung ohne Störung des Zweiphasengemisches ermöglichen.

Die Meßmethoden und die Erfassung sowie die Beurteilung einer möglichen Abdrift beim Sprühen wurden untersucht und weiter verbessert [26].

Die Anwenderexposition und das gesundheitliche Risiko beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln wurden durch geeignete Trägerluftführungen, Einspül- und geschlossene Anmischsysteme sowie personengetragene Schutzeinrichtungen

oder Schlepperkabinen, die mit Filter ausgestattet sind, auch bei Verwendung hochkonzentrierter Spritzbrühen weiter gesenkt [27].

Zur Applikation geringer Mengen chemischer und biologischer Wirkstoffe sowie von Nützlingen zur Schädlingsbekämpfung in schwer zugänglichen Flächen wie auch in Raumkulturen gewinnen Einfach-Leichtflugzeuge und ferngesteuerte Kleinflugzeuge wieder an Bedeutung (Bild 6) [28]. Gegenüber üblichen Luftfahrzeugen können die Ausbrinkkosten gesenkt, die Verteilgüte, insbesondere bei Ultra-Leights erhöht und die Drift gesenkt werden.



Bild 6: Ferngelenktes Kleinflugzeug (Nutzlast 4 kg; Spannweite 3,5 m) zur Applikation geringer Wirkstoffmengen.

lassen verhältnismäßig hohe Fahrgeschwindigkeiten und große Flächenleistungen zu. Während die Erziehungsarbeiten trotz verstärkter Bemühungen vorläufig individueller Handarbeit vorbehalten bleibt, wurden Laubschnittgeräte konstruktiv weiter verbessert, bedienungsfreundlicher und sicherer gemacht. Um den verhältnismäßig hohen Arbeitszeitaufwand, auch für den mechanisierten kraftunterstützten Einzelschnitt zu reduzieren, werden Geräte für den Gesamtrebschnitt entwickelt [31]. Es handelt sich dabei meist um gegenläufige Walzen mit Einzelschneidwerkzeugen, welche die Rebtriebe, ohne das Unterstützungsgestütz zu beschädigen, so zerkleinern, daß sie in der Anlage verbleiben können.

Neuentwicklungen für Frost- und Hagelschutzverfahren sind wegen der erhöhten Produktionskosten einerseits und der Überproduktion andererseits auch zukünftig nicht zu erwarten. Der Hagel, insbesondere im Voralpengebiet, wird aktiv mit mehr oder weniger gutem Erfolg zunehmend durch Flugzeugapplikationen von Silberjodid, weniger passiv mit Netzen, welche die Obstanlagen überspannen, bekämpft.

Pflanzenpflege

Die Pflanzenpflegeverfahren in Raumkulturen – Erziehungs- und Laubarbeiten, Gehölzeschnitt, Zwischenstock-Bodenpflege – sind in den vergangenen Jahren weiter verbessert worden. Die Pflanzen- und Bodenbelastung und die Verminderung der biologischen Bodenaktivität stellen den Einsatz von Herbiziden zur Freihaltung der Reb- und Baumstreifen zunehmend in Frage. Bewegliche, angetriebene Arbeitswerkzeuge, meist Rotorkrümler, werden über mechanische oder optische Sensoren gesteuert, um die Pflanze und die Unterstützung herumgeführt, ohne sie zu beschädigen [29; 30]. Kurze Regel- und Hubzeiten

7. Düngung

Allgemeines

Die Düngung umfaßt die Ausbringung von Mineraldünger, Flüssigmist sowie organischen Feststoffen. Deren relativ geringer Nährstoffgehalt bedingt große Massen je Flächeneinheit. Andererseits fallen diese Stoffe als „Abfall“ der Tierhaltung und von Kläranlagen an, verdienen somit eine vernünftige Verwertung.

Aus landtechnischer Sicht interessieren:

- Art und Struktur des Stoffes beeinflussen die technische Lösung vornehmlich des Dosier- und Verteilorgans
- Lagerung, Arbeitsorganisation und -leistung prägen Schlagkraft und Kosten
- termingerechte Ausbringung und gleichmäßige Verteilung gewährleisten den Erfolg und vermeiden Schädigungen an Boden und Pflanze.

Danach sind die Entwicklungslinien zur organischen und mineralischen Düngung einzuordnen.

Das Bewußtsein, den Dünger exakt zu verteilen, hat neue Konzepte zum Zentral- und Gestängeverteiler am Mineraldüngerstreuer sowie Güllewagen geschaffen. Außerdem widmet man sich der Längsverteilung, indem die effektive Fahrgeschwindigkeit die Dosierung steuert. Pflanzenbauliche Überlegungen stellen den Zusammenhang zum Maßstab für die Verteilung her. **Tafel 1** berücksichtigt, welchen Anteil die jeweilige Gabe am gesamten Nährstoffangebot ausmacht. Sie unterscheidet außerdem nach dem Maßstab: die DLG-Prüfung nutzt die relative Abweichung; deren Wert liegt etwa beim 0,7-fachen des VK. Außerdem zeigt die Erfahrung, daß die Feldmessung etwa doppelt so hohe Abweichungen ergibt wie die in der Halle.

Tafel 1: Mögliche Ertragseinbuße und Beurteilung der Verteilqualität (nach DLG, Vetter)

DLG-Prüfung Ø Abweichung % (Halle)	Variations- koeffizient (Feldmess.)	Beurteilung	Lager- bildung	Ertragseinbußen, wenn der Nährstoffbedarf		
				zum größten Teil	etwa zur Hälfte	zum geringen Teil
				durch Gülle gedeckt wird		
bis 4	bis 10%	sehr gut	ohne mit	– –	– –	– –
4 – 6	11 – 15%	gut	ohne mit	0.4 dt/ha unwahrscheinlich	– –	– –
6 – 8	16 – 20%	befriedigend	ohne mit	0.7 dt/ha 2.5 dt/ha	ca. 0.5 dt/ha unwahrscheinlich	– –
8 – 10	21 – 25%	ausreichend	ohne mit	1.0 dt/ha 5.0 dt/ha	ca. 0.7 dt/ha ca. 2.5 dt/ha	ca. 0.3 dt/ha unwahrscheinlich
> 10	über 25%	nicht ausreichend	ohne mit	unwahrscheinlich über 7.5 dt/ha	über 1.0 dt/ha über 4.0 dt/ha	ca. 0.7 dt/ha ca. 2.5 dt/ha

Tafel 2: Verteilgenauigkeit von Mineraldüngerstreuern in Praxisuntersuchungen (nach Holz)

Streuerbauart	Messungen	Variationskoeffizient Anteile in % für VK						Einzelabweichung in %	
		Ø	-10	10-15	15-20	20-30	30	max.	min.
Schleuder	130	19	7	25	32	32	6	34	27
Pendel	12	16	-	50	25	25	-	30	24
Ausleger	21	17	29	38	-	24	10	29	21

Nach den wissenschaftlichen Grundlagen und Analysen [1 bis 4] gehört nun die Meß- und Auswertetechnik in die Praxis: Landwirtschaftsschulen ermöglichen, daß der Landwirt seine Geräte kontrolliert und einstellt. Denn dort herrscht ein breites Spektrum auch bei an sich guten Systemen (Tafel 2).

Höhere Ansprüche an die Flächenleistung lassen die Nutzmasse steigen. Dies gilt für Großbetriebe wie für den überbetrieblichen Einsatz, der vermehrt die Grunddüngung und Gülleausfuhr übernimmt, und häufig im Direktverfahren zwischen Lagerhaus und Feld. Der Wunsch nach größerer Arbeitsbreite resultiert daraus, sich den gegebenen Fahrgassen anzupassen und möglichst wenig Spuren auf dem Acker zu hinterlassen. Und das wiederum verlangt, einen größeren Vorrat mitzuführen, um das Schlagende zu erreichen (Tafel 3).

Das Bemühen, den Boden zu schonen, kollidiert mit der steigenden Fahrzeugmasse: sie wirkt in die Tiefe, auch bei geringem Flächendruck. Für den Effekt an der Oberfläche gelten Luftdruck und Auflage. Der Niederdruckreifen wird 0,7 m breit

und kommt mit 1 bis 1,5 bar aus, auf dem Acker und der Straße. Bis 6 t genügt eine Achse, darüber hinaus erscheint die Doppelachse zweckmäßig: gelenkt oder als Hubachse.

Da künftig vermehrt Gülle in den Pflanzenbestand ausgebracht wird, erhält die Tandemachse Bedeutung; sie paßt eher zur Spurweite und -breite [5]. Derzeit bieten die Hersteller ein breites Spektrum an Fahrwerksausstattung, der Preiswettbewerb läßt den Kunden noch stark die billige Lösung mit hohem Luftdruck wählen. Bei großen Fahrzeugen erhält der Mehrpreis allerdings eine günstigere Relation zum gesamten.

Rechtliche Grundsätze erweitern die Anforderungen an die Düngungsverfahren. Denn Abweichungen von der „ordnungsgemäßen“ Düngung bergen nicht nur Gefahren für die Umwelt. Das Wasserhaushaltsgesetz verpflichtet den zu Schadenersatz, der verursacht, daß die „physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers verändert wird“. Der sachgerechten Düngung dienen ebenfalls neu entwickelte Meßverfahren, die schnell den Nährstoffgehalt oder -bedarf erkennen lassen [6; 7].

Mineraldüngerstreuer

Große Fortschritte sind am Schleuderstreuer erzielt, der dank seiner Bauart einen hohen Marktanteil erreicht hatte, aber in der Verteilqualität nicht befriedigte. Die Hersteller haben in eigenen Versuchshallen die Wurfeigenschaften ihrer technischen Lösung auf die der verschiedenartigen Düngemittel des Inlands und Imports abgestimmt. Das trifft die Formgebung und Einstellung im Detail sowie den Trend, eine flache Streukurve mit weiter Überlappung zu erzeugen, die Variationen ausgleicht. Für spezielle Düngemittel oder geringe Düngergaben (z. B. Harnstoff) sind Streuscheiben auszutauschen. Vornehmlich um den Feldrand zu schonen, läßt sich die Teilbreite schalten oder einbauen.

Tafel 3: Zusammenhang zwischen Austragmenge, Schlaglänge und Faßinhalt (nach Thamsen)

Schlaglänge (m)	Hektarangabe (m³/ha)			
	10	20	30	40
	Tankinhalt (m³)			
150	1,8	3,6	5,4	7,2
200	2,4	4,8	7,2	9,6
250	3,0	6,0	9,0	12,0
300	3,6	7,2	10,8	14,4
350	4,2	8,4	12,6	16,8

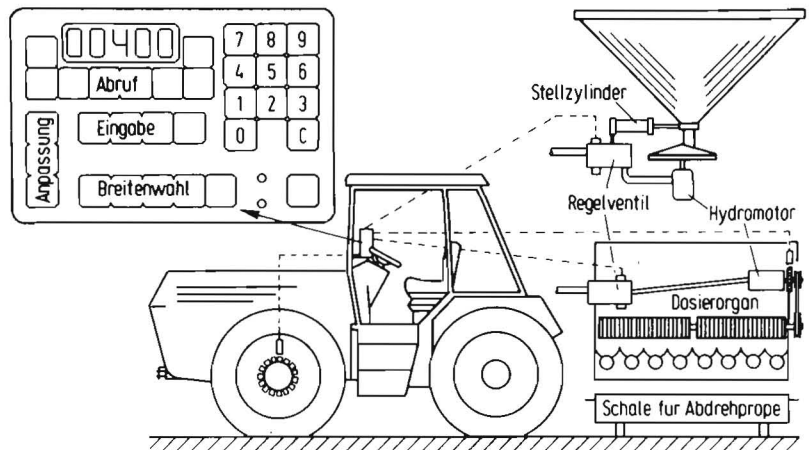


Bild 1: Regelung an Mineraldüngerstreuern.

Der hydraulische Antrieb der Scheibe macht Umfangsgeschwindigkeit und Wurfweite unabhängig von der schwankenden Motordrehzahl, erlaubt andererseits, eine gewünschte Streubreite stufenlos anzustreben – letztlich aber setzt jede Einstellung den Prüfstand voraus [2; 8]. Im Bestreben, die effektive Arbeitsbreite über mehrere Fahrgassen zu erweitern, werden die Scheiben im Durchmesser oder Abstand vergrößert oder im Winkel zur Horizontalen angeordnet.

Zu den „klassischen“ Formen der Zentrifugalstreuer tritt der Wurfstreuer, dessen Walzen das Granulat stark beschleunigen und an Leitschaukeln entlang über die Breite verteilen. Der weite Wurf mag das System gegen Störgrößen, etwa Wind, empfindlich machen. Richtung und Volumen der Teilströme sind exakt zu justieren. Das Verteilergestänge bringt den Dünger mit größerer Sicherheit auch über extreme Arbeitsbreiten über 24 m. Das Gestänge verlangt eine hohe Festigkeit, auch für Fahrten mit Teilbreite und auf der Straße. Die pneumatische Förderung hat sich bewährt, erscheint jedoch nicht unproblematisch am Verteilorgan, wo die Körner ein recht eigenes Aufprallverhalten zeigen. Als Sonderlösung haben die Reihen- und Unterfußdüngung im Mais ihre Bedeutung. In den übrigen Kulturen lohnt die lokalisierte Ausbringung des Düngers offenbar nicht.

Der Trend zur Zwangsdosierung sichert die gewünschte Gabe. Im gleichen Sinne sind praktische Lösungen für die Abdrehrprobe zu begrüßen. Der gewohnte und erwünschte mechanische Bodenantrieb wird nun erweitert über die Elektronik: mit der Fahrgeschwindigkeit steuert sie den Volumenstrom über den Schieber oder die Dreh-

zahl des Dosierorgans. Als Weggeber dienen das Reibrad am Schlepperrad oder der Sensor an der Kardanwelle – sie nehmen nicht die wahre Fahrgeschwindigkeit auf. Technisch aufwendiger sind Radar oder ein spezielles, schlupffrei laufendes Rad [9].

Der elektrische oder hydraulisch steuerbare Antrieb ermöglicht, während der Fahrt die Düngeergabe dem Boden oder Bestand anzupassen (Bild 1). Die Elektronik speichert die Normalgabe, von der der Fahrer nach eigenem Ermessen abweicht. Geeignete Sensoren und Steuerkurven sind noch Zukunft. Diese Entwicklung dient der Ökonomie und der Umwelt – die Bedeutung richtiger Nährstoffbemessung kommt im Angebot mechanisierter Probenahme zum Ausdruck.

Flüssigdüngerverteiler

Als Voraussetzung zur Ausbringung sind in den vergangenen Jahren geeignete hydraulische, mechanische und pneumatische Techniken zur Homogenisierung entwickelt und für ihren jeweiligen Einsatz erprobt [2; 10]. Im Behälter sondern sich einzelne Bestandteile in der Sink- oder Schwimmschicht ab. Das Homogenisieren beruht auf der mechanischen Wirkung des Rührwerks, das Teile der Schwimmdecke erfasst, sowie der hydraulischen: der Strömungsimpuls setzt die Teilchen in Bewegung und hält sie bei ausreichender Strömungsgeschwindigkeit (0,3–1 m/s, je nach Substrat) in der Schwebe. Häufiges Rühren mit der Tauchschneidpumpe im Rahmen der täglichen „Schwachbelüftung“ vermag die Homogenität und Fließfähigkeit der Gülle zu verbessern, so daß sie die Pflanze weniger verschmutzt [5; 11].

Im Mittelpunkt der technischen Entwicklung steht die Querverteilung. Auf Grund der vor Jahren durchgeführten Analysen [1; 3; 4] sind interessante Verteilorgane entstanden (**Bild 2**). Die unzureichenden Ergebnisse des traditionellen Pralltellers (VK über 30) sind verbessert durch neue Ausformung und konstant hohen Druck. Der Prallkopf schafft nur dann eine gute Verteilung, wenn er sorgfältig gefertigt und eingestellt ist. Die Schwenkdüse lenkt dank exaktem Antrieb den möglichst kompakten Strahl über die Arbeitsbreite. Ebenfalls gleichen der Schwenkprallteller und die Rotationsdüse Ungleichmäßigkeiten im Wurfbild aus. Derartige Zentralverteiler zeichnen sich durch kompakte Bauart aus, sind günstig in Preis und Festigkeit, allerdings sensibel für Abdrift. Als Arbeitsbreite sind mit Blick auf die Fahrgasse 12 oder gar 16 m angestrebt.

In diesem Sinn erscheint der Gestängeverteiler konsequenter, der mit mehreren Düsen bestückt ist. Deren geringerer Querschnitt von 20–30 mm kann eher verstopfen. Dem wirkt entgegen: der Drehschieber oder elektronisch gesteuerte Magnetventile lassen intermittierend jeder Düse oder einzelnen Schläuchen den vollen Teilstrom zukommen. Die Intervalle sind kurz genug, um nicht die Verteilung zu beeinträchtigen. Die Verteilung erreicht einen VK von 10–15, allerdings nur, wenn der Verteiler auf das Substrat abgestimmt ist. Wie bei Aussaat und Pflanzenschutz sollte der Praktiker das Fahrzeug kontrollieren und auf die Eigenheiten des Substrats einstellen [2].

Alternativ zum Güllewagen kommt der Beregnung Bedeutung zu, um die Fläche vor und während der Vegetation nur wenig zu befahren [4].

Außerdem wird Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen verwertet. Im Gegensatz zu Klarwasser bieten die Hersteller von Regenmaschinen Besonderheiten: eine Pumpe mit konstant hohem Druck: Aufbaumotor oder Zapfwellenantrieb für den schnelleren Einzug (bis 1200 m/h, also 10 m³/ha) sowie eine spezielle Düsen- bzw. Regnerbauart, die den Strahl kompakt erhält, um Emissionen gering zu halten. Damit kann homogenisierte Gülle ausgebracht werden; Separieren macht's leichter, ist aber nicht zwangsläufig.

Die Längsverteilung ist von effektiver Geschwindigkeit und Durchflußmenge bestimmt. Der Volumenstrom wird nur an Fahrzeugen mit geringem Druck von Kompressor oder Druckschleuder beeinträchtigt. Weitere Voraussetzungen bildet der gute und schonend zu befahrende Boden. Technisch hilft der zugsichere Allradschlepper, dessen Leistung 10 kW je m³ Faßinhalt betragen soll. Dann bleibt der VK in der Längsrichtung unter 5, auch wenn die Zugkraft wechselt. Hoher Schlupf würde Boden und Pflanzen schädigen [2; 4].

Dennoch sind fahrabhängige Steuer- oder Regelsysteme konzipiert und im Marktangebot. Der Wegaufnehmer steuert die Verdrängerpumpe direkt an. Im Regelkreis hingegen wird über den hydraulischen Druck oder die Fließgeschwindigkeit der Volumenstrom als Ist-Wert gemessen [12; 13]. Wechselnder Volumenstrom beeinträchtigt das Verteilungsbild in Breite und Gleichmäßigkeit. Daher sind Systeme in der Erprobung, die weniger sensibel darauf reagieren.

Mit Rücksicht auf die Geruchsemission sorgen technische Hilfen bei der Befüllung dafür, daß das

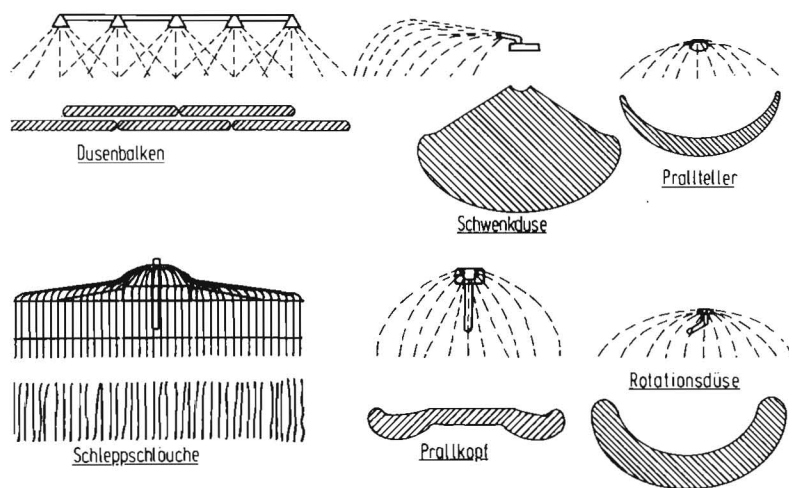
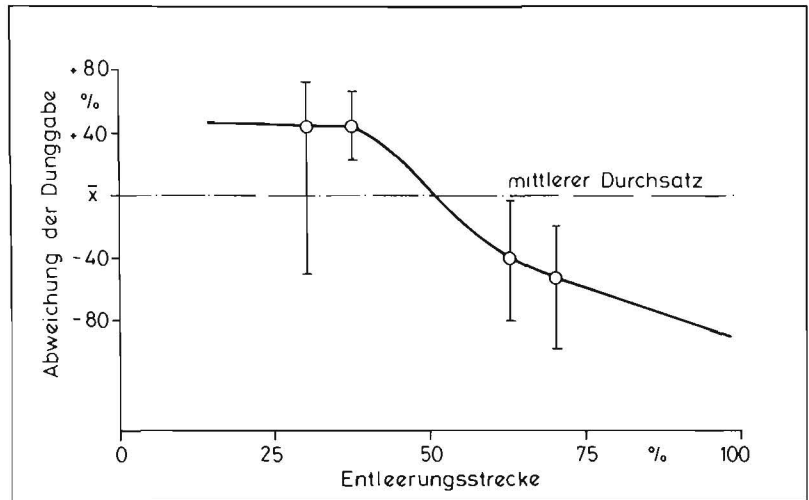


Bild 2: Funktionsprinzip und Auftreff-Fläche der Verteilorgane von Flüssigungsverteilern.

Bild 3: Prüfergebnisse zur Längs- und Querverteilung organischer Feststoffe durch Stallungstreuer.



Fahrzeug sauber bleibt. Die große Emissionsfläche für Geruch und NH_3 bildet der Acker; also arbeiten angetriebene oder selbststrotierende Werkzeuge die Gülle in den Boden ein. Der Zugkraftanspruch von Grubberzinken im erforderlichen engen Abstand liegt höher, das begrenzt die Arbeitsbreite.

Stallungstreuer

Die Düngung mit organischen Feststoffen gewinnt an Interesse: Stallmist und Kompost im ökologischen Landbau, Klärschlamm zur Verwertung statt Deponie. Die Ausbringungstechnik wahrt die klassischen Bauformen, die Verteilgüte ist nicht so weit wie beim Flüssigdüngung entwickelt. Der Volumendurchsatz von Stallmist und Kompost hängt stark von der Beladetechnik ab. Prüfstationen beladen gleichmäßig, auch in Handarbeit, erzielen dennoch schlechte Ergebnisse (Bild 3). Der hydraulisch betriebene Vorschub an neuen Fahrzeugen erlaubt, daß der Fahrer zumindest zu Anfang und am Ende ausgleicht, um Abweichungen in der Längs- und Querverteilung zu mindern.

Um Kompost als dünnen Schleier auf das Getreide – alternativ zum mineralischen Nährstoff –

zu bringen, wird das Streuwerk um waagerechte Wurfscheiben ergänzt: sie zerschlagen noch verbleibende größere Brocken und verteilen den Kompost über eine große Arbeitsbreite. Diesen Zweck erfüllen auch abgewandelte Großraumstreuer.

Spezielle Entwicklungen sehen nach dem Zuführboden eine senkrechte Wurftrammel vor: sie fräst das Material ab und streut es zentrifugal aus. Klärschlamm wird je nach Verfahren auf 20 bis 50% TM-Gehalt entwässert. Dafür haben mehrere Hersteller ihren Düng- und Düngerstreuer fortentwickelt [14; 15]. Am Miststreuer hält die hydraulisch verstellbare Stauklappe das Material (20–30% TM) zurück, zugleich als Mengeneinstellung im Zusammenwirken mit dem Vorschub. Der Kratzboden erhält eine größere Zahl oder andere Form der Leisten. Die Fräswerkzeuge erhalten eine besondere, auf das Substrat abgestimmte Form. Einige Hersteller hängen sie an Ketten, damit sie Fremdkörpern ausweichen können. Der Düngerstreuer als Basis erhält ein breites Zuführband und steile Wände, um Brückenbildung zu vermeiden. Ein oder zwei Schleuderscheiben verteilen das Material je nach Konsistenz über 10 bis 15 m Arbeitsbreite.

8. Bewässerung und Beregnung

Allgemeines

In der Bundesrepublik Deutschland ist die Beregnung auf benachteiligten Standorten, mit leichten Böden und mit niedrigen ungleichmäßig verteilten Niederschlägen, ein unverzichtbares Betriebsmittel zur Existenzsicherung (z. B. Fütterungsgrundlage, Ausgleich von Ertragsschwankungen).

Die Beregnungsfläche umfaßt heute etwa 320000 ha, und dafür sind knapp 1% des gesamten Wasserbedarfs der Bundesrepublik Deutschland erforderlich mit starken Schwankungen je nach Witterungsverlauf [1]. Die Bedeutung der Beregnung wurde in den vergangenen Jahren kritischer betrachtet, weil sie als ertragssteigerndes Betriebsmittel die Überschußproduktion fördert und die knapper werdenden Wasserressourcen beansprucht.

Weltweit wird die Bewässerung und Beregnung als eine der effektivsten Maßnahmen zur Sicherung der Weltnahrungsproduktion angesehen, denn auf den etwa 15% bewässerten Flächen wer-

den in der Welt 30 bis 40% der Nahrungsmittel erzeugt. Dem Anstieg der Weltbevölkerung um 45% in den nächsten 20 Jahren steht nur eine Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche von rund 9% gegenüber [2]. Die Welternährungsprobleme sind deshalb vorrangig durch eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion zu lösen, wobei die Bewässerung und Beregnung ein unverzichtbares Betriebsmittel mit steigender Bedeutung ist.

Stand der Beregnungsverfahren

Es kommen eine Vielzahl von Bewässerungsverfahren zum Einsatz. Die Systematik der Verfahren und deren wichtigsten Kenndaten sind in Bild 1 zusammengestellt [3].

- Die Oberflächenbewässerung läßt nur eine sehr bedingte kontrollierte Wasserversorgung der Pflanzen zu und ist deshalb durch eine mangelnde Effizienz der Wassernutzung gekennzeichnet (bis 90% Wasserverluste). Durch weiterentwickelte Berieselungsverfahren kann

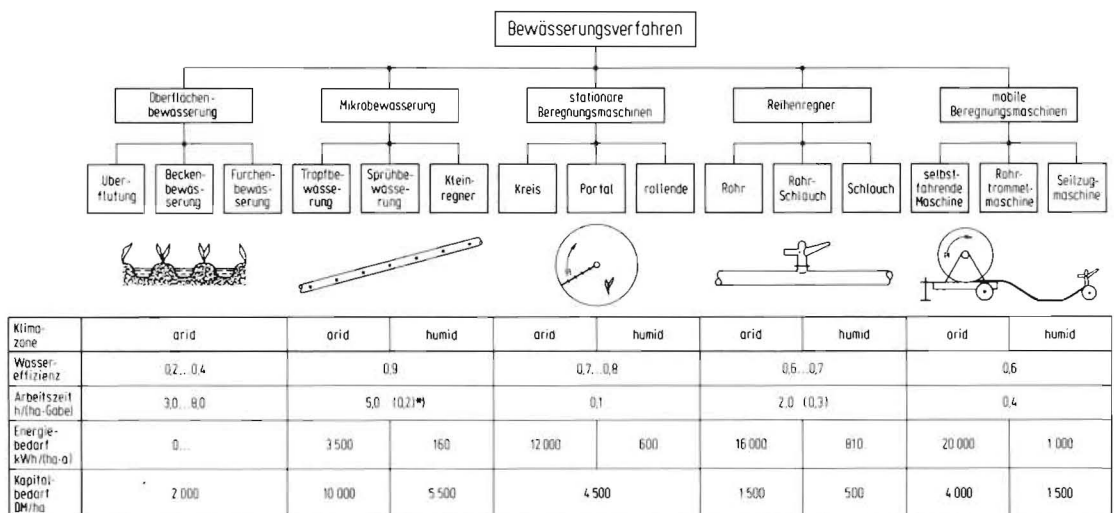


Bild 1: Ausgewählte Kenndaten der wichtigsten Bewässerungsverfahren.

deren Effizienz verbessert werden. Bei allen Verfahren der Oberflächenbewässerung verbleibt die Behinderung bei der Mechanisierung der Folgearbeiten [4; 5].

- Mit der Mikrobewässerung erfolgt eine sehr gezielte Wasserverteilung fast ohne Wasserverluste. Dagegen ist ein erheblicher Arbeits-, Überwachungs- und Kapitalbedarf notwendig. Probleme ergeben sich bei der Bodenentsalzung (leaching), so daß in ariden Gebieten häufig zwei Verfahren nebeneinander betrieben werden müssen.
- Stationäre Beregnungsmaschinen sind bei großflächiger Bewirtschaftung mit kontinuierlichem Beregnungseinsatz üblich. Monokulturen und großflächige Landnutzung zerstören oft die traditionelle Agrarstruktur. Daher sind diese Verfahren bei der Erschließung von Wüsten oder Neuland zu Kulturland vertretbar, weil einerseits die Wassernutzung gut und andererseits bei größeren Einsatzflächen der Kapital- und Arbeitsbedarf gegenüber anderen Verfahren überlegen ist.
- Die Reihenregnerverfahren sind weit verbreitet, besonders in Industrie- und Schwellenländern. Sie sind universell einsetzbar, verursachen aber beim beweglichen Einsatz einen hohen Arbeitszeitaufwand. Daher werden diese Verfahren manchmal auch ortsfest, aber mit erheblich höherem Kapitalbedarf, eingesetzt.
- Mobile Beregnungsmaschinen haben sich für den beweglichen Einsatz in landwirtschaftlichen Kulturen in Mitteleuropa durchgesetzt. Sie lassen sich mit geringem Arbeitszeitaufwand versetzen und können gut den unterschiedlichen strukturellen Bedingungen angepaßt werden. Nachteilig ist der erhöhte Energiebedarf und die noch unbefriedigende Wassernutzung.

Beachtenswerte Weiterentwicklungen

Die Mikrobewässerung ist seit über zwei Jahrzehnten ein bekanntes Bewässerungsverfahren. In dieser Zeit wurden ständig Weiterentwicklungen zur Funktionssicherheit und Mechanisierung vorangetrieben. Die Einsatzbereiche gehen schon lange über den klassischen Einsatzbereich der Landwirtschaft oder des Produktionsgartenbaues hinaus, wie z. B. beim „öffentlichen Grün“ oder bei Agrotherm (Unterflur verlegt). Wissenschaftliche Untersuchungen und internationale Normen liegen für dieses Verfahren in umfangreichem Maße vor, die auf internationalen Kon-

gressen vorgestellt werden. Der letzte Kongreß in Kalifornien (1986) befaßte sich eingehend mit der automatischen Einsatzsteuerung und Beratung durch rechnergestützte Programme. Die Unterflurbewässerung hat im gleichen Zeitraum auch wesentliche technische Entwicklungsschritte gemacht, aber nie den Bekanntheitsgrad wie die Tropfbewässerung erreicht und keinen Eingang in der Praxis gefunden [6 bis 13].

Neben der Verbesserung von Details im Maschinenbereich ist es vordringlich, eine effizientere Wassernutzung bei geringem Energieaufwand zu erreichen. Die Entwicklung windunabhängiger Wasserverteilungssysteme war deshalb notwendig. Als Lösung bietet sich beispielsweise ein Verteilwagen „System Völkenrode“ an, der das Wasser über Düsen oder Tropfelemente ertnah den Pflanzen zuteilt (Bild 2).

Der Verteilwagen mit einer Arbeitsbreite bis zu 60 m kann von allen Typen von Beregnungsmaschinen mit Turbinenantrieb eingezogen werden. Die Bestückung der Ausleger mit Düsen oder Tropfern richtet sich nach den spezifischen Einsatzbedingungen, sei es der Volumendurchfluß, die Bodenbeschaffenheit oder die Geländeform. Dieses Verteilsystem hat ferner den Vorteil, bei nur etwa 1 bis 1,5 bar das Wasser zu verteilen und einer guten Wasserstrahlaulösung in Form kleiner Tropfen mit einer guten Verteilung, um damit die Verschlammung der Bodenoberfläche zu mindern.

Die Entwicklung der Wasserverteilung mit geringem Druck führte auch bei den Herstellern von stationären Beregnungsverfahren zur Ausrüstung dieser Anlagen mit Düsen oder Tropfkörpern. Die Entwicklung mit Tropfkörpern zur „mobilen Tropfbewässerung“ erfolgte in einer deutsch-israelischen Zusammenarbeit [12].

Die agrarpolitische und ökonomische Situation der Landwirtschaft zwingt zur Reduzierung der Produktionskosten. Betriebe mit Beregnungsanlagen sind gegenüber Betrieben ohne Beregnungsanlagen durch zusätzliche Kosten belastet. Eine Mehrfachnutzung und ein besseres Management der Beregnungsanlagen erlaubt eine Verteilung der Festkosten auch auf andere Produktionszweige. Unter „Mehrfachnutzung“ sollen Verteil- und Erntearbeiten sowie Vollbewirtschaftungssysteme verstanden werden.

- Die Verteilarbeiten sind zur Zeit auf flüssige Medien beschränkt. Praktiziert wird teilweise das Ausbringen von Dünger, Pflanzenschutzmitteln, Gülle und sonstigen Abwässern [14].

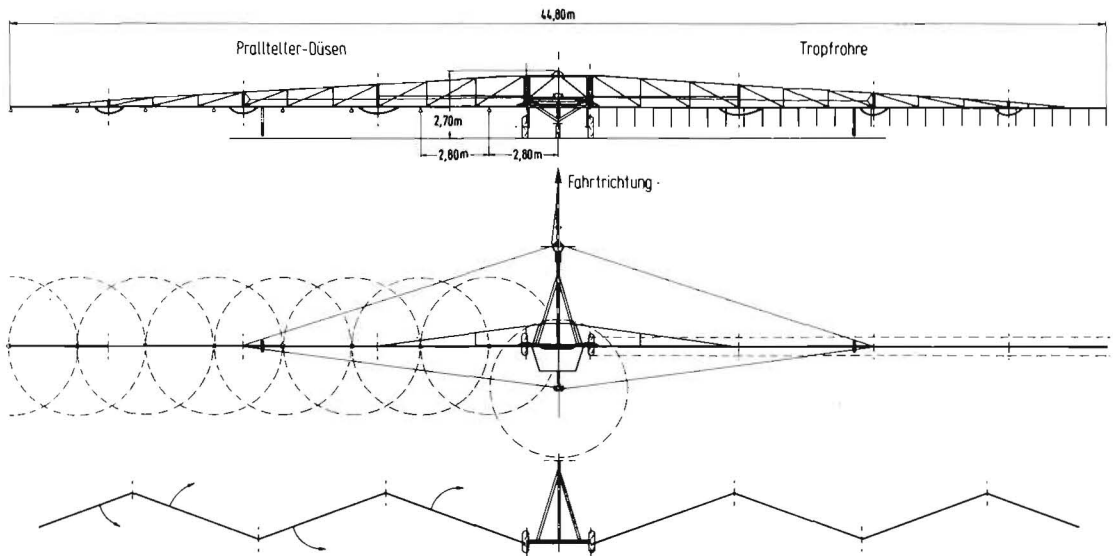


Bild 2: Schematischer Aufbau eines Wasserverteilwagens für mobile Beregnungsmaschinen mit Düsen oder Tropfrohren, System Völkenrode.

- Für Erntearbeiten kommen nur bewegliche (fahrende) Beregnungsanlagen in Frage. Die durchzuführenden Erntearbeiten beschränken sich zur Zeit auf höherwertige Produkte des Feldgemüseanbaues. Eine zusätzliche – teilweise noch zu entwickelnde – Technik und Ausrüstung ist für diese „Sammelarbeiten“ notwendig.
- Die Bewirtschaftung eines Feldes mit nur einem technischen Verfahren bedarf noch intensiver Forschungsarbeit. Es könnten die Bodenbearbeitung, Bestellung, Pflege und Ernte durchgeführt werden. Durch die technische Weiterentwicklung von Beregnungsanlagen scheint es gerechtfertigt zu sein, dieses Thema intensiver zu verfolgen.

Die Probleme der Einsatzsteuerung bestehen heute darin, die Wassergabe dem tatsächlichen pflanzenphysiologischen Wasserbedarf anzupassen. Prinzipiell sind eine Reihe von Möglichkeiten zur Feststellung des Wasserbedarfs bekannt, aber diese Verfahren sind für den Landwirt noch zu arbeitsaufwendig oder zu ungenau. Daher ist die Verbesserung des Bewässerungsmanagements noch in allen Teilbereichen notwendig.

Neue Möglichkeiten der Bewässerungssteuerung bieten sich durch die weiterentwickelte Sensortechnik in Verbindung mit einem Rechner an. Somit kann der Betriebsleiter bessere Informationen des Produktionsablaufes erhalten oder Beregnungsanlagen automatisch ganz oder teilweise steuern [15].

9. Halmfutterernte

9.1 Halmfutterkonservierung und Halmfutteraufbereitung

Allgemeines

Kurze Feldarbeitsketten werden dem angestrebten Ziel einer verlust- und risikoarmen Futterkonservierung gerecht. Entsprechend weitete sich das Bereiten von Anwelksilage regional stark aus; Anwelken steigert die Konzentration der leicht verfügbaren Nährstoffe für die Milchsäuregärung und verbessert den Verdichtungs-vorgang.

Heuwerbung

Bei der Heuwerbung geht die Entwicklung ebenfalls zu Verfahren mit kurzer Vorwelkdauer auf dem Feld und einem Nachbelüften mit nicht oder nur geringfügig erwärmter Außenluft [1 bis 3]. Für das Bergen hat sich der Ladewagen als Erntemaschine eingeführt. Die Förderung in die Belüftungsanlage erfolgt mittels Gebläse und Verteileinrichtung oder mit Greiferanlagen. Die Tendenz dürfte eher zu Lagerhallen führen, welche mit Gebläse befüllt und für die Entnahme mit Schlepperanbaugeräten erschlossen sind [2]. Dann muß die ebenerdige Lagerhalle auch mit schweren Radlasten befahren werden können. Im Alpengebiet finden Solarkollektoren für die Erwärmung der Trocknungsluft Einsatz [3].

Anwelksilierung

Für das Bereiten von Anwelksilage kommen vorzugsweise zwei Verfahrensketten in Betracht, nämlich die Ladewagen- und die Feldhäckslerkette sowie vereinzelt das Silieren von Großballen. Als Silobauform hat sich der kostengünstige Flachsilo eindeutig durchgesetzt [4 bis 10]. Weitere Gründe hierfür sind die große Schlagkraft beim Befüllen des Silos und die Verfügbarkeit kostengünstiger Entnahmegereäte für den mobilen Einsatz am Schlepper.

Die beachtliche Schlagkraft in der Silierkette ist einmal wünschenswert, um den Erfordernissen

des zügigen Befüllens des Silos gerecht zu werden [4 bis 6; 9; 11 bis 13], zum anderen zeigen sich allerdings Probleme beim Angleichen der Leistungsfähigkeit der einzelnen Maschinen. Ein schwaches Glied der Kette ist häufig der Schwader; das gilt vornehmlich, wenn schlagkräftige Bergemaschinen überbetrieblich eingesetzt werden und das Schwaden vom einzelnen Betrieb und dann oft mit zu geringer Flächenleistung ausgeführt wird. Problematisch ist ferner das verfahrensgerechte Festwalzen auf eine Dichte von möglichst 200 kg Trockenmasse je m³, wobei das Verteilen und das Festwalzen Engpässe darstellen können [6; 9; 13 bis 16]. Während rechtzeitiger Schnitt und gelungenes Vorwelken außer bei schwer gärfähigen Futterarten den Einsatz von Silierhilfsmitteln gemeinhin entbehrlich macht, ist beim Bereiten von Naßsilage oder beim Mißlingen des Vorwelkens deren Einsatz sinnvoll [17; 18]. Dazu bieten sich Hilfsmittel aus den drei Gruppen der streufähigen oder flüssigen chemischen Mittel, gärfähige Substrate oder biologische Mittel auf der Basis stabilisierter, vermehrungsfähiger Milchsäurebakterien an. Da eine Wirkung der Mittel auf einen Umkreis von 5 mm Radius begrenzt ist, muß sehr exakt verteilt werden. Das ist am sichersten möglich, wenn die Zuteilung in einem Förderstrom, etwa der Erntemaschine erfolgt. Als technische Maßnahme zur Verbesserung der Silierfähigkeit wird kurzes Häckseln herausgestellt [19], so daß der Feldhäcksler in den unterschiedlichen Silierketten seine Bedeutung behalten konnte [20 bis 22]. Vorteilhaft ist weiterhin, daß kurzes Häckseln rieselfähig ist, was für die weitere Förderung, aber auch für das Verdichten vorteilhaft ist. Für die Ernte von Silomais ist der Feldhäcksler als Erntemaschine selbstverständlich; aber auch für das Bereiten von Anwelksilage hat er eine beachtliche Bedeutung [7; 13; 19; 23]. Zum anderen ist es nicht verkennbar, daß dem Feldhäcksler durch den

Ladewagen mit Zusatzeinrichtungen, wie Kurzschnittwerk und Entladedosierer, eine Konkurrenz erwachsen ist.

Ballensilierung

Das Silieren von Ballen aus angewelktem Gras ist seit Jahrzehnten in unterschiedlichen Verfahren erprobt worden. Das Aufsetzen von Silierstapeln aus Hochdruckballen ist nicht mehr üblich. Auch das Silieren von großen Rundballen einzeln abgesackt oder im Verband gestapelt und mit Folie abgedeckt konnte sich nur dort sehr begrenzt einführen, wo kleinere Partien Futter anfallen, die es nicht zulassen, einen gesonderten Silo anzulegen oder den fertigen Silo nachzufüllen. Auch die neuere Entwicklung, Rundballen einzeln in Folienbahnen einzuwickeln [22], dürfte auf Ausnahmesituationen begrenzt bleiben. Problematisch sind die Kosten für die Folie und die Gefahr von Beschädigungen durch Tiere oder Fremdkörper mit anschließendem Verderben der Silage. Regional hat das Bereiten von Silage in Großpacken-Stapeln eine gewisse Verbreitung gefunden [5; 23; 24]. Da bei Öffnen der mit Folien abgedeckten Stapel ein beachtliches Nachgärrisiko eintritt, soll der Silagestapel einen Futtervorrat für höchstens zwei bis drei Wochen enthalten.

Die Belüftungstrocknung von Ballen unterschiedlicher Größe und Ausformung hat sich kaum einführen lassen; schwedische Versuche zur Belüftung von Rundballenstapeln unter einer Folienabdeckung führten eher zu ungünstigen Trocknungsergebnissen [25].

Maissilierung

Neben der Silagebereitung aus ganzen Maispflanzen als Futter in der Milchproduktion und der Bullenmast traten in den vergangenen Jahren vielfältige Versuche, den mancherorts problembehafteten Maisanbau einzuschränken und durch andere Futterpflanzen zu ersetzen [26]. Hier

ist der Anbau von Ackergras, insbesondere des ertragreichen Weidelgrases zu nennen und das Silieren von Getreide-Ganz-Pflanzen [27 bis 30]. Als Erntemaschine bietet sich vorzugsweise der Feldhäcksler an, bei der Ernte von Getreide-Ganzpflanzen ausgerüstet mit einer Vielmessertrommel. Die Probleme des ausgeweiteten Maisanbaues sind die Erosion, der erschwerte Herbizideinsatz und daraus als Folge die rückläufigen Erträge [26]. Neben der Umstellung auf andere Futterpflanzen wird man jedoch versuchen, durch entsprechende Maßnahmen den ertragreichen Maisanbau zu sichern. Der Einsatz von stickstoffhaltigen Mitteln für die Konservierung, den chemischen Aufschluß und zur Steigerung des Futterwertes hat in letzter Zeit erneut Interesse gefunden [31; 32]. Während der Einsatz von streufähigen Mitteln, z. B. von Futterharnstoff, gewisse Probleme bei der exakten Dosierung und Verteilung bereiten kann, stellt das Begasen mit Ammoniak nur geringe Ansprüche an die Technik. So wird Harnstoff vorzugsweise auf Körner appliziert, während bei Halmfutter in Ballenform das Begasen mit Ammoniak vorgezogen wird. Dazu ist lediglich der mit einer Folie abgedeckte Stapel mit einer Lanze anzustechen und das Gas dosiert einzulassen. Ammoniak direkt appliziert oder aus Harnstoff umgesetzt, steigert den pH-Wert und führt so zu einer Konservierung; in Stroh werden außerdem schwer verdauliche Zellulose-Komplexe gelöst, wodurch die Verdaulichkeit der organischen Masse ansteigt. Schließlich bewirkt Ammoniak eine Anreicherung mit Stickstoff, der von Wiederkäuern über die Pansengärung genutzt werden kann. Der technisch aufwendige Aufschluß von Halmfutter mit Ätznatron ist kaum noch üblich.

Durch den Einsatz der Mikrowellenenergie [33] soll die Halmfuttertrocknung verbessert werden; ob ein thermischer Aufschluß und eine verbesserte Ausnutzung der Trocknungsenergie erreicht werden können, ließen die Ergebnisse der ersten Versuche noch nicht erkennen.

9.2 Halmfutterbergung

Allgemeines

Durch die Nutzung verschiedener Futterpflanzen und Pflanzenanteile und durch die Anwendung von Trocknung und Silierung werden in der Halmfutterproduktion sehr unterschiedliche Ernteprodukte gewonnen [1 bis 3]. Für jedes der drei zur Bergung des Halmfutters entwickelten Ernteverfahren (Häcksel-, Preß- und Langgutverfahren) hat sich eine zentrale Erntemaschine in unterschiedlichen Bauarten durchsetzen können. Die Einsatzgebiete der Bauarten, deren Durchsatz bei Grün- und der Antriebsleistungsbedarf sind in **Bild 1** dargestellt. Die Leistungsangaben umfassen das gesamte Leistungsspektrum, sie beziehen sich jeweils auf die kleinste und größte Variante der heute auf dem Markt angebotenen Erntemaschinen. Die in der technischen Entwicklung sich abzeichnende kontinuierliche Anhebung der oberen Leistungsgrenze heutiger Erntemaschinen ist durch den allgemeinen Trend zur überbetrieblichen Nutzung der kapitalintensiven Produktionsmittel begründet. Neben der Steigerung der Leistungsfähigkeit werden die Verbesserung des Bedienungskomforts und die Reduzierung des Wartungsaufwandes als allgemeine Entwicklungsziele angesehen.

Die deutsche Landmaschinenindustrie konnte mit Halmfuttererntemaschinen im Jahre 1986 im Vergleich zum Vorjahr einen um 2,5% geringeren Umsatz mit einem Gesamtvolumen von 544,6

Mio. DM erzielen. Die Feldhäcksler- und Ballenpressenproduktion konnte mit 163,6 und 187,0 Mio. DM jeweils um 8 bzw. um 10% gesteigert werden, demgegenüber war bei der Ladewagenproduktion ein Umsatzrückgang um 18% auf 194 Mio. DM zu verzeichnen [4].

Feldhäcksler

Die Einsatzmöglichkeiten des Feldhäckslers werden durch die Arbeitsqualität des Häckselaggregates bestimmt. Aufgrund der schlechten Schnittqualität kommt den im freien Schnitt arbeitenden Schlegelfeldhäckslern gegenüber den exakt schneidenden Trommel- und Scheibenradfeldhäckslern eine untergeordnete Bedeutung zu. Bei den heute auf dem Markt angebotenen selbstfahrenden Feldhäckslern wird ausschließlich das Trommelhäckselaggregat eingesetzt. Die gezogenen und angebauten Feldhäcksler sind dagegen entweder mit einem Trommel- oder Scheibenradhäckselaggregat ausgestattet. Eine Beschreibung des derzeitigen Standes der Technik der exakt schneidenden Feldhäcksler ist den Veröffentlichungen [5 bis 7] zu entnehmen.

Neben der Leistungssteigerung stellt die Weiterentwicklung des Häckselaggregates einen Schwerpunkt in der Feldhäckslerentwicklung dar, in diesem Zusammenhang sind insbesondere die vielfältigen Nachzerkleinerungseinrichtungen zum Aufschluß der Maiskörner und die Anpas-

Bild 1: Einsatzbereiche, Durchsatz und Antriebsleistungsbedarf der Halmfuttererntemaschinen (Leistungsdaten aus DLG-Prüfberichten und Herstellerumfragen).

Erntegut	Ernteprodukt	Ernteverfahren							
		Häckselverfahren			Preßverfahren			Langgutverfahren	
		Feldhäcksler			Ballenpressen			Ladewagen	
		Schlegel-FH	Trommel-FH	Scheibenrad-FH	HD-	GB-Roll-	GB-Kolben-	Langschnitt-LW	Kurzschnitt-LW
Halmgut	Grüngut	X						X	X
	Naß.-S.	X	X	X		X	X		X
	Anwelk.-S.		X	X		X	X		X
	Heu				X	X	X	X	X
Mais-pflanze	Mais.-S.		X	X					
Mais-kolben	LKS		X	X					
Futter-legumin.	GPS		X	X					
Getreide			X	X					
Getreide-halm	Stroh				X	X	X	0	0
Durchsatz t_{TM}/h (Grüngut)		2 - 5	8 - 45	8 - 22	10 - 22	5 - 8	15 - 22	8 - 10	12 - 24
Antriebsleistung kW		20 - 45	50 - 320	50 - 140	25 - 55	30 - 60	60 - 110	20 - 35	40 - 90

sung des Häckselaggregates an die Erfordernisse neuer Ernteverfahren, wie Ganzpflanzensilage (GPS) und Lieschkolbenschrot (LKS), zu nennen [8 bis 11].

Alle selbstfahrenden Feldhäcksler können heute mit einer Maiskornzerkleinerungseinrichtung ausgestattet werden. In der Regel besteht diese Einrichtung aus einem gegenläufig rotierenden profilierten Walzenpaar, zwischen dem das Gut unter Reibwirkung zerquetscht wird. Eine Ausnahme bilden die Feldhäcksler-Typen „Hesston 7720 und 7725“ der Fa. Fiatagri, bei ihnen kommt ein auf Schlagwirkung basierender Rotor zum Einsatz. Um bei den neuen Ernteverfahren GPS und LKS eine wollige Struktur des zerkleinerten Gutes zu erreichen, wurde eine Vielmessertrommel mit stark angestellten Messern [5; 7 bis 10] entwickelt.

Nach Einführung der neuen Typenreihe „SF“ der Fa. Mengele lassen sich bei selbstfahrenden Feldhäckslern gemäß **Bild 2** vier Anordnungsprinzipie der Schneid- und Wurforgane im Gutstrom unterscheiden [5].

In den leistungsstärksten selbstfahrenden Feldhäckslern sind heute Motorleistungen bis zu 320 kW (435 PS) installiert. Zur Erreichung eines höhe-

ren Durchsatzes der Häckseltrommel ist entweder die sonst übliche Drehzahl von 1000 min^{-1} auf 1100 min^{-1} (Claas-Jaguar SL) oder die Anzahl der Messerreihen von 10 auf 12 (Mengele – SF 7000) erhöht worden.

Trommelschutzvorrichtungen, wie Metalldetektoren im Einzugsbereich des Feldhäckslers, gehören zur Standardausrüstung, gegenüber nichtmetallischen Fremdkörpern soll sich der Schaden im Häckselaggregat durch Messersegmenttrommeln [5] begrenzen lassen.

Mit der Entwicklung eines Adapters für den Maisvorsatz „Champion 3000“ der Fa. Kemper ist mit selbstfahrenden Feldhäckslern neuerdings auch eine reihenunabhängige Ernte von Silomais möglich. Durch den Anbau eines Dreipunktrahmens mit Zapfwellenantrieb kann der Feldhäcksler auch als universelle Arbeitsmaschine eingesetzt werden.

Bei den gezogenen und angebauten mehrreihigen Feldhäckslern zeichnet sich ein Trend zum reihenunabhängigen Maisvorsatz ab (4 Hersteller). Die Ausstattung der kleineren Feldhäcksler mit Quetschwalzen zur Maiskornzerkleinerung wird zwar angeboten, sie hat aber aufgrund des höheren Kostenanteils an der Gesamtinvestition

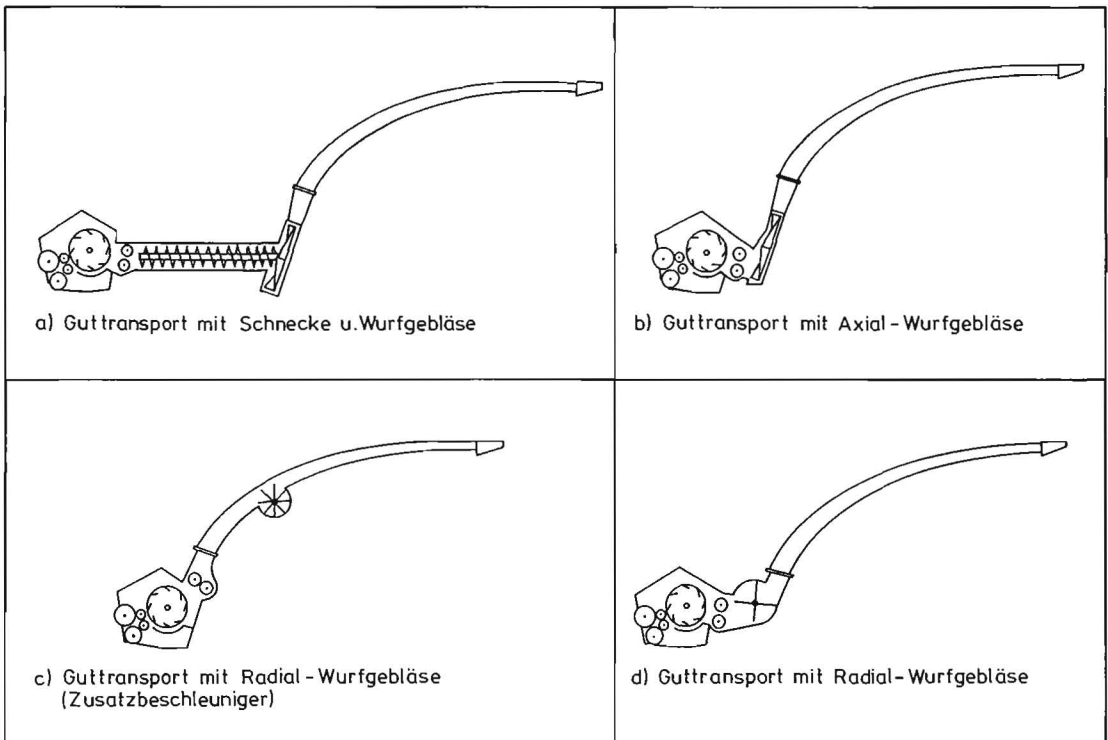


Bild 2: Anordnung der Schneid- und Wurforgane bei selbstfahrenden Feldhäckslern (nach Röhrs [5]).

nicht die Bedeutung wie bei den selbstfahrenden Feldhäckslern erlangen können. Einfache Zusatzeinrichtungen wie Reibboden, Schlagleisten und Schlagkämme dominieren bei diesen Feldhäckslerbauarten.

Bei gezogenen und angebauten Feldhäckslern sind in bezug auf das Häckselaggregat keine nennenswerten Weiterentwicklungen vorhanden, die Entwicklung konzentriert sich auf die Verbesserung der Bedienung (Elektrohydraulik) und der Antriebstechnik (wartungsfreie Ölbadgetriebe).

Eine grundlegend neue Häckseltechnologie stellte das National Institute of Agricultural Engineering in Silsoe [12; 13] vor. Im Gegensatz zu den schnell rotierenden Häckselaggregaten konventioneller Feldhäckslern mit hohem Leistungsbedarf konnte durch Aufteilung der Schneid- und Förderfunktionen auf ein langsam schneidendes Rotationsschneidwerk und ein mechanisches Förderelement eine erhebliche Reduzierung des Leistungsbedarfes erzielt werden.

Ballenpressen

Bei der Halmfütterbergung mit Ballenpressen kommen die Bauarten der Hochdruckpressen mit handlichen Hochdruck-Ballen, der Großballen-Rollpressen mit zylindrischen und neuerdings der Großballen-Kolbenpressen mit quaderförmigen Großballen zum Einsatz. Der aktuelle Stand der Technik der Pressenbauarten wird in den Veröffentlichungen [14 bis 18] zusammenhängend dargestellt. Die durch die Pressenbauart vorgegebene Form und Größe der gepreßten Ballen legen die Mechanisierbarkeit der Arbeitsabschnitte bei der Ballenbergung, die innerbetrieblichen Handhabungsmöglichkeiten und die Einsatzbereiche der Ballenpressen fest [19 bis 22]. Mit der Einführung neuartiger Flat-Systeme [23] wird der Hochdruck-Ballen durch Zusammenfassung mehrerer Ballen für die vollmechanisierte Handhabung durch den Frontlader zugänglich gemacht. Mit der Großballentechnik gewinnt die Ballensilage zunehmend an Bedeutung. Die Abdichtung der quaderförmigen Großballen kann gruppenweise in Ballensilos [24 bis 26] vorgenommen werden, demgegenüber ist bei zylindrischen Rollballen eine Einzelabdichtung erforderlich [27]. Eine vollmechanisierte Einzelballenabdichtung ist mit dem Wrap-Verfahren [28 bis 30] möglich.

Bei den seit nunmehr 30 Jahren im Einsatz befindlichen Hochdruckpressen hat sich am grundlegenden Maschinenkonzept nichts verändert. Die Entwicklungsarbeit konzentrierte sich in den

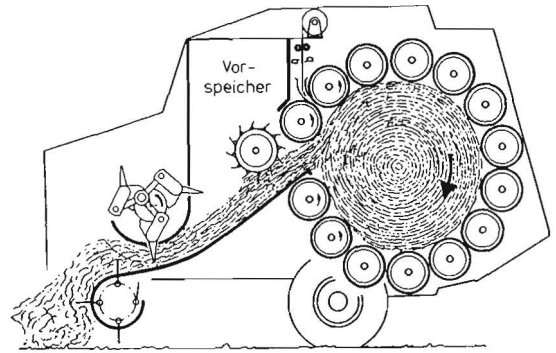


Bild 3: Schematische Darstellung der Förder- und Preßorgane der „Rollant Rapid“ (Fa. Claas).

vergangenen Jahren auf die Erhöhung der Betriebssicherheit und auf die Reduzierung der wartungs- und störungsbedingten Stillstandzeiten. Pressenkonstruktionen, bei denen alle Arbeitsorgane von einem zentralen Ölbadgetriebe über drehsteife Wellen ohne Ketten und Riemen angetrieben werden, deren Bindeapparate keine Wartung erfordern und die mit automatischen Überlastsicherungen ausgestattet sind, geben den hohen technischen Standard vor [15].

Die meisten Entwicklungsanstrengungen bei den Großballen-Rollpressen sind auf das Ziel gerichtet, eine Verkürzung der systembedingten Stillstandzeiten, die zum Abbinden und Auswerfen des Ballens erforderlich sind, zu erreichen. Versuche, Großballen-Rollpressen mit variablen Preßkammervolumen durch eine Vorpreßkammer zu einer kontinuierlich arbeitenden Erntemaschine zu machen, führten nicht über das Prototypenstadium hinaus [31]. Demgegenüber gelang der Fa. Claas mit der „Rollant Rapid“ eine kontinuierlich arbeitende Großballen-Rollpresse mit konstantem Preßkammervolumen in den Markt einzuführen [15; 31; 32]. Bild 3 verdeutlicht den prinzipiellen Aufbau und die Arbeitsweise der „Rollant Rapid“. Während der Ballenabbinding, sie muß aufgrund der kürzeren zur Verfügung stehenden Bindezeit mit Netz erfolgen, und des Ballenauswurfes wird das Halmgut in den Vorsepeicher gefördert.

Zur Verkürzung der Bindezeiten an konventionellen, absätzig arbeitenden Großballen-Rollpressen wird sich beim konstanten Preßkammervolumen die bewährte Netzbindetechnik [33] in Kombination mit der neuentwickelten Doppelgarnbindung durchsetzen [14; 15]. Beim variablen Preßkammervolumen ist die Doppelgarnbindung als Standardlösung anzusehen, die Ausstattung mit einer Netzbindevorrichtung ist nur bei dem

Pressentyp „841“ der Fa. New-Holland möglich [22; 31], allerdings muß dann auf eine Garnbindung verzichtet werden. Die Ausbildung des Ballenauswerfers als Auffangmulde (Fa. Krone) ermöglicht eine Weiterfahrt schon unmittelbar nach dem Ballenauswurf bei noch nicht vollständig geschlossener Heckklappe [14]. Um bei Großballen-Rollpressen eine höhere Preßdichte zu erreichen, ordnet die Fa. Claas die Preßwalzen nicht konzentrisch, sondern spiralförmig um den Preßkammermittelpunkt an [14; 31]

Erste wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse zum Preßvorgang in Großballen-Rollpressen sind in [34] veröffentlicht.

Bei der relativ neuen Pressenbauart der Großballen-Kolbenpressen hat sich das Angebot für den deutschen Markt von 3 auf 7 unterschiedliche Typen (Hesston 4800, 4700, Vicon HP 1600, MP 800, Claas Quadrant, New-Holland D 1000, Welger Delta 5000) mehr als verdoppelt. Eine technische Kurzbeschreibung der Großballen-Kolbenpressen wird in [35] gegeben. Alle diese Pressen verdichten das Halmgut im Längsfluß, wobei der Aufsammler und die weiteren Förderelemente, die eine Vorverdichtung des Gutes vornehmen, unterhalb des Preßkolbens angeordnet sind.

Mit Ausnahme der Vicon „HP 1600“ arbeiten alle Großballen-Kolbenpressen mit einem Schubkurbelgetriebenen Preßkolben nach dem Strangpreß-Prinzip. Bei der „HP 1600“ kommt das Kastenpreß-Prinzip zur Anwendung, der Preßkolben wird hydrostatisch über eine eigene Bordhydraulik angetrieben [26] (Bild 4). Als weitere tech-

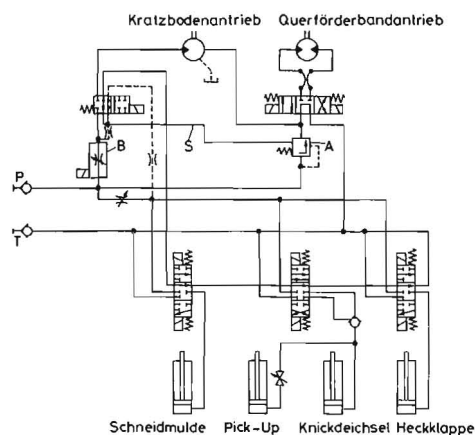
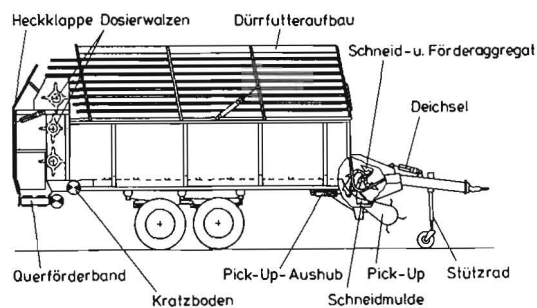


Bild 5: Prinzipbild und Hydraulikschaaltplan eines bis auf das Ladeaggregat und die Dosierwalzen voll hydrostatisch angetriebenen Ladewagens (nach Friedrichsen u. Block [41]).

nische Besonderheit ist der Ballenstapler der Welger „Delta 5000“ aufzufassen (Bild 4), mit ihm können wahlweise 1 bis 3 der relativ flachen Einzelballen abgelegt werden. Die unterschiedlichen Ballenkenndaten sind aus [14; 19] zu entnehmen.

Zur Problematik der hohen Expansionskräfte der quaderförmigen Großballen werden in [36] allgemeine Konstruktionshinweise für die Entwicklung und den Einsatz von Großballen-Kolbenpressen gegeben.

Ladewagen

Bei Ladewagen können keine grundsätzlichen Bauarten wie bei Feldhäckslern und Ballenpressen unterschieden werden, die Unterschiede ergeben sich bei dieser Halmfüttererntemaschine durch die Ausstattung einzelner Baugruppen. Ein grundlegendes Kriterium stellt die theoretische Schnittlänge, gekennzeichnet durch den Messerabstand im Schneidwerk, dar. Bei einem Messerabstand von 120-160 mm spricht man vom Lang-

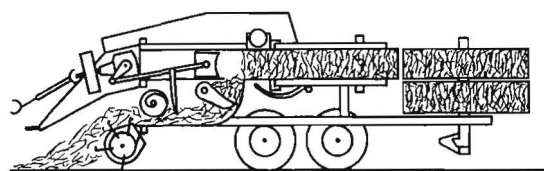
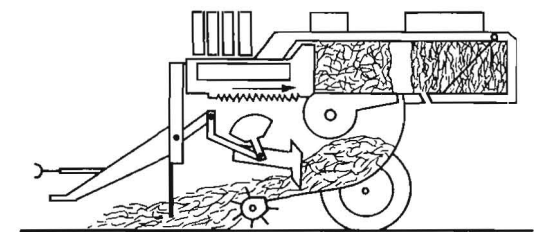


Bild 4: Prinzipbilder der Großballen-Kolbenpressen HP 1600 (Vicon-Kastenpreß-Prinzip, oben) und Delta 5000 (Welger-Strangpreß-Prinzip, unten).

schnitt-, bei 20-50 mm vom Kurzschnittladewagen. Der in bezug auf die Ausstattung und Technik aufwendigere Kurzschnittladewagen läßt sich heute durch werkzeugloses Ausschwenken einzelner Messer oder Messergruppen aus dem Förderkanal schnell in einen Langschnittladewagen umwandeln. Die Messer sind einzeln oder gruppenweise gegen Zerstörung durch Fremdkörperwirkung abgesichert. Zur schnellen Beseitigung von Verstopfungsstörungen läßt sich entweder der Förderkanal öffnen oder der gesamte Messerrahmen über Hydraulikzylinder ausschwenken [37; 38].

Bei allen Ladewagen hat sich heute der Rotationsförderer durchgesetzt. Mit Ausnahme des Taarup-Ladewagens verwenden alle Hersteller über Kurvenbahnen oder Lenker gesteuerte Förderzinken, wobei die Förderschwingen im Einzelfall zur Erreichung eines gleichmäßigen Drehmomentverlaufes in 2 bis 3 Segmente mit versetzter Anordnung unterteilt sind.

Da beim Kurzschnittladewagen mehrere Arbeitsorgane vom Schleppersitz aus bedient werden müssen, stellt die Entwicklung von funktionsgerechten und komfortablen Bedienelementen einen ausgeprägten Schwerpunkt in der Ladewagenentwicklung dar [37; 38; 39]. Parallel

zur fortschreitenden Anwendung der Hydraulik im Ladewagen [40; 41] wurden zunächst auf den Schlepper verlegbare Hydraulikventilblöcke zur Ansteuerung der Arbeitsorgane eingesetzt. Um den Nachteilen der nur schwer zu handhabenden Hydraulikschlauchbündel sowie der Geräusch- und Wärmeemission des Ventilblocks in der Schlepperkabine zu begegnen, werden die rein hydraulischen Systeme heute zunehmend durch elektro-hydraulische ersetzt [38]. Die Versorgung der Arbeitshydraulik des Ladewagens erfolgt entweder über das Schlepperhydrauliksystem oder über eine von der Zapfwelle angetriebene Bordhydraulik (Fa. Mengele „LAW 350/400“). Der in Bild 5 dargestellte Hydraulikschaltplan eines bis auf das Ladeaggregat und die Dosierwalzen voll hydrostatisch angetriebenen Ladewagens verdeutlicht, welche Bedeutung die Hydraulik heute für den Ladewagenbau hat.

Als Sonderausstattung für die Bedienungseinrichtung des Ladewagens wird von der Fa. Pöttlinger eine kabellose Infrarotfernbedienung angeboten. Die Ablaufsteuerung für die Funktion des Lade- und Entladevorganges kann beim Ladewagen „LAW 540/2 Super Garant“ der Fa. Mengele auch vollkommen automatisch über eine Mikroprozessorsteuerung erfolgen [38].

9.3 Halmfuttermähen und Halmfutterwerbung

Allgemeines

Ziel der Halmfutterwerbung ist ein hochwertiges Futter; Teilziele sind das Senken von Wetterrisiko und Verlusten. Neben der Wahl des richtigen Schnittzeitpunktes zur Zeit des höchsten Nährstofftrages [1 bis 7] werden betriebs- und verfahrenstechnische Maßnahmen wirksam, wie die Wahl von Ernte- und Konservierungsverfahren mit kurzen Feldperioden; schlagkräftige Verfahrensketten bewirken eine bessere Nutzung günstiger Witterung. Technische Maßnahmen wie Zetten, Wenden und Aufbereitung beschleunigen die Feldtrocknung.

In den Niederlanden hat sich das Bereiten von Anwelksilage mit einem Anteil von etwa 75% der Rohfutterkonserven durchgesetzt [8]; ähnlich hohe Anteile konnte dies Verfahren auch in den norddeutschen Graslandgebieten erreichen. Vor allem die südwestdeutschen Teile der Bundes-

republik werben weiterhin Heu; das Trocknen vorgewelkten Grases unter Dach ist dann das übliche Verfahren (Bild 1).

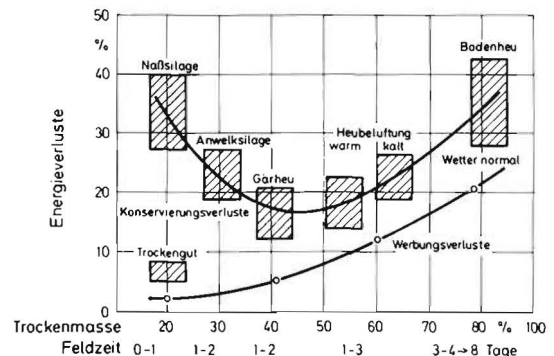


Bild 1: Berge- und Konservierungsverfahren bestimmen Nährstoffträge und Energieverluste (Quelle: AID).

Mäh- und Aufbereitungsmaschinen

Für das Mähen haben sich Scheiben- und Trommelmäher durchgesetzt [2; 3; 9; 10]. Ihre Schnittbreiten liegen im Bereich von 1,6 bis 3,4 m mit einem durchschnittlichen Leistungsbedarf von 4 bis 5 kW je Meter Schnittbreite [9]. Hohe Arbeitsgeschwindigkeiten bis 12 km/h bieten dann eine große Flächenleistung. Die geschichtete Ablage des Mähgutes derart, daß die schlecht trocknenden Stengel verdeckt in der Mahd liegen, macht ein sofortiges Zetten erforderlich [2; 5; 10 bis 17]. Mähwerke mit oszillierenden Messern konnten sich aus mehreren Gründen behaupten. Der Leistungsbedarf liegt bei lediglich einem Drittel gegenüber Kreiselmähern; überdies haben sie einen um ein Drittel niedrigeren Preis [9]. Die jüngere Entwicklung hat zudem eine erhöhte Stopfsicherheit sowie eine Verbesserung der Wartungs- und Reparaturarbeiten bewirkt. Gesonderte Arbeiten befaßten sich mit der Verbesserung konstruktiver Details und mit der theoretischen Erfassung der Stoppelhöhe [18; 19]. In Laboruntersuchungen wurden die Schnittkräfte erfaßt [10].

Dem Mähen sollte das Zetten grundsätzlich sofort folgen; entsprechend bietet sich die Kombination von Mähwerk und Zetter in einer Maschinenkombination an. Das Angebot derartiger Maschinen erstreckt sich vornehmlich auf Mähwerke mit rotierenden Schneidwerken. Zugleich mit dem Zetten wird das Futter durch Knicken, Quetschen, Reiben oder Schlagen aufbereitet [20 bis 26] (Bild 2). Die Wirkung des mechanischen Aufbereitens wurde in Labor- und Feldversuchen bewertet; es waren auch Entwicklungen einbezogen, bei denen das Aufbereiten mittels Bürsten oder Walzen aus plastischem Material vorgenommen wird [21]. Im Grundsatz wurde die Erkenntnis be-

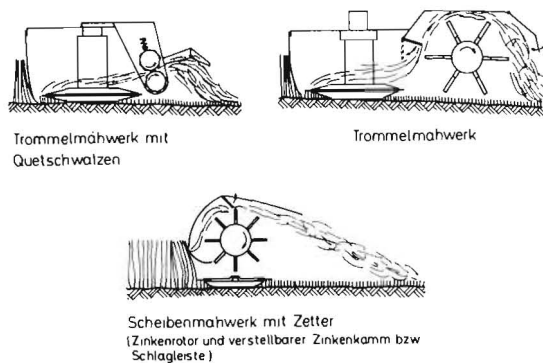


Bild 2: Trommel- und Scheibenmäherwerke in Kombination mit Aufbereitern und Zettern.

stätigt, daß ein Aufbereiten in Verfahrensketten mit kurzer Feldperiode besonders vorteilhaft ist, weil Aufbereiten den ersten Abschnitt des Trocknungsvorganges stark beschleunigt. Wird nur angewelkt für die Silagebereitung oder für eine nachfolgende Trocknung unter Dach, dann kann Aufbereiten bis zu einem vollen Tag Anwelkdauer einsparen. Wird Bodenheu geworben, dann ist der Vorteil des Aufbereitens weniger stark ausgeprägt. Die zusätzlichen Kosten für das Aufbereiten und für die geringfügig angestiegenen Nährstoffverluste (Bröckelverluste) durch das Aufbereiten werden durch die schnellere Trocknung und durch den Gewinn an Sicherheit aufgewogen [15].

Zwei neuartige Aufbereitungsverfahren wurden in jüngster Zeit vorgestellt. Ein Verfahren kehrt zum Prinzip des Schlagens mit schweren Schlägern zurück; eine erste Schlegelwelle nimmt das Gut aus Mahden auf und übergibt es einer zweiten Schlegelwelle, die das Gut durch einen starren Gegenkamm führt. Das Futter wird sehr intensiv bearbeitet, die Stengel werden aufgespleißt, die Wachsschicht des Halmgutes wird angeschlagen. Durch diese Art des Aufbereitens wird die Wasserabgabe nach ersten Versuchen [27] am ersten Trocknungstag um den Faktor 1,5 erhöht. Das angeschlagene und durch Reißvorgänge bearbeitete Futter läßt sich stärker verdichten. Aus beiden Effekten erwartet man Vorzüge für die Bereitung von Anwelksilage; über zusätzliche Verluste gibt es noch keine gesicherten Angaben.

In einem zweiten Verfahren wird das Futter intensiv zerkleinert, so daß ein Teil des Pflanzensaftes an die Oberfläche gelangt [28]. Es schließt sich ein Preßvorgang in einer Walzenpresse an. Bei Drücken von 0,3 bis 1,0 MPa werden 6 mm dicke, formstabile Matten erstellt; offenbar unterstützt die Kohäsionswirkung des ausgetretenen Saftes die Mattenbildung. Erste Versuche lassen erkennen, daß auf die Stoppel abgelegte Matten ohne zusätzlichen Wendevorgang binnen eines Tages bis auf eine Restfeuchte von weniger als 20% abtrockneten.

Außer im Laborbereich [25] konnte sich chemisches Aufbereiten keine Verbreitung verschaffen; Ähnliches gilt auch für thermische Verfahren.

Heuwerbemaschinen

Für die Heuwerbung haben sich Spezialmaschinen weitgehend durchgesetzt; sie erledigen nur einen oder wenige, einander ähnliche Arbeitsgänge, wie etwa Zetten und Wenden. Universalmaschinen für Wenden und Rechen sind auf spezielle Einsatzbereiche begrenzt. Bei den Zettern



*Bild 3: Neuartiger Scheibenbandschwader
(Werkbild Fella).*

und Wenden herrschen Kreiselzettwender mit Arbeitsbreiten bis zu etwa 6 m vor. Bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von etwa 8 bis 10 km/h ergeben sich hohe Flächenleistungen. Es wird gemeinhin empfohlen, bei günstiger Witterung täglich zweimal zu wenden. Häufigeres Wenden führt bei stärkerem Vorwelkgrad zu zusätzlichen Bröckelverlusten; dann sollte auch die Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswerkzeuge herabgesetzt werden.

Die Flächenleistung der Schwader wird erst durch die neueren Entwicklungen den Erfordernissen der Praxis gerecht. Innerhalb der schlagkräftigen Bergekettten mit Ladewagen, Feldhäcksler oder Aufsammlerpresse mit Bergeleistungen

bis in den Bereich von 2 ha/h [2; 5] war das Ziehen der Ladeschwaden bisweilen ein Engpaß. Die neuere Entwicklung mit Arbeitsbreiten bis in den Bereich von etwa 6 m dürfte hier eine Entlastung bringen. Neben den Kreiselschwadern finden auch Bandrechwender, bisweilen als Kombination von zwei Maschinen im Frontanbau, Verwendung [8]. Eine neuere Entwicklung befaßt sich mit dem Abheben des Futters von der Stoppel und dem Zusammenführen zu Schwaden über Bandelemente. So soll ein besonders schonendes Schwadenziehen erreicht werden; zudem wird erwartet, daß eine nachträgliche Verschmutzung des Futters ebenfalls vermieden wird (Bild 3).

Sonderverfahren

In einigen Ländern befaßt man sich mit dem Abpressen von Saft aus grünen Nutzpflanzen und der Nutzung der beiden Fraktionen [6; 29 bis 32]. Während in Sri Lanka [30] vorzugsweise das in den Saft gelangte Protein der menschlichen Ernährung nutzbar gemacht wird, befassen sich russische Arbeiten mit der Ernährung von Kälbern mit Luzerne-Preßsaft [29].

Pirie [31] berichtet umfassend über den gesamten Bereich der Gewinnung von Blattprotein sowie über die Nutzung der Preßrückstände, welche vorteilhaft getrocknet werden können, weil das Abpressen den Energiebedarf für die Trocknung reduziert. Andere Arbeiten befaßten sich mit dem Silieren dieser Preßrückstände [6; 31].

10. Körnerfruchternte

10.1 Mähdrescher

Allgemeines

Der mit etwa 150 000 Mähdreschern in Deutschland nahezu gesättigte Markt, die abnehmende Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe und die ungewisse Richtung der EG-Agrarpolitik im Getreidesektor führte zu einem Rückgang der jährlich verkauften Mähdrescher auf etwa 2600 Stück in Deutschland bzw. 13 500 in Europa. Allerdings war der Rückgang der jährlich verkauften Mähdrescher in Nordamerika aufgrund der dortigen wirtschaftlichen Bedingungen noch größer (Bild 1).

Aufgrund des hohen Anteils der Mähdruschfläche an der gesamten Ackerfläche, in Deutschland beispielsweise etwa 72%, ist der Mähdrescher weiterhin eine Schlüsselmaschine für die Landwirtschaft. Dementsprechend ist mit dem Rückgang der Stückzahlen ein erhebliches Wachstum der Leistungsfähigkeit der verkauften Mähdrescher verbunden. So ist der Anteil der angebotenen großen Mähdrescher (ab 5-Schüttler-Maschinen) in Deutschland auf etwa 50%, in Frankreich auf etwa 75% und in England auf etwa 90% gestiegen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, daß außer durch Vergrößerung der Abmessungen die Leistungsfähigkeit durch bessere Gestaltung der Trennelemente, durch zusätzliche Elemente zur Leistungserhöhung, durch vereinfachte Handhabung und durch Erhöhung der Zuverlässigkeit weiter gesteigert werden konnte. Die Ausdehnung der Anbaufläche in Hanglagen, der verstärkte Anbau von Sonderfrüchten (Sonnenblumen, Erbsen, Bohnen u. a.) und der Direktbruch von Raps erhöhten darüberhinaus die Anforderungen an die Mähdrescher. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, überarbeiten und ergänzen die Mähdrescherhersteller ihr Programm stetig. Zur Zeit bieten die acht Firmen Claas, Case International, John Deere, Deutz-

Fahr, Fiatagri, Ford-New Holland, Massey Ferguson und VEB Fortschritt unter eigenem Namen über 65 Mähdreschermodelle auf dem deutschen Markt an [1; 2]. Der enger werdende Markt machte eine Reduzierung der Fertigungskapazitäten in Europa notwendig, so daß einige dieser Modelle von den Firmen Dronningborg (Dänemark) und Sampo (Finnland), die den deutschen Markt nicht direkt beliefern, hergestellt werden.

Ähnlich wie bei Traktoren werden zunehmend Sonderausrüstungen in die serienmäßige Ausstattung übernommen. Dies gilt insbesondere für die Kabine, aber auch für die Verbesserung der ergonomischen Gestaltung des Fahrerstandes und die Ausrüstung des Mähdreschers mit Überwachungseinrichtungen und Verlustsensoren bzw. Durchsatzkontrollen.

Da trotz der hohen installierten Motorleistungen unter schwierigen Erntebedingungen bei feuchtem Getreide und weichem Boden die Motorleistung begrenzend wirken kann, nehmen die Motorleistungen der Mähdrescher weiter zu.

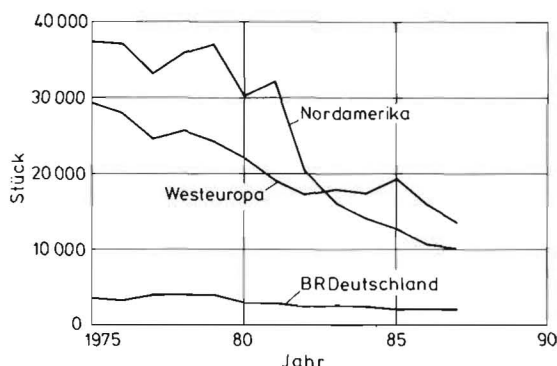


Bild 1: Absatzzahlen von Mähdreschern.

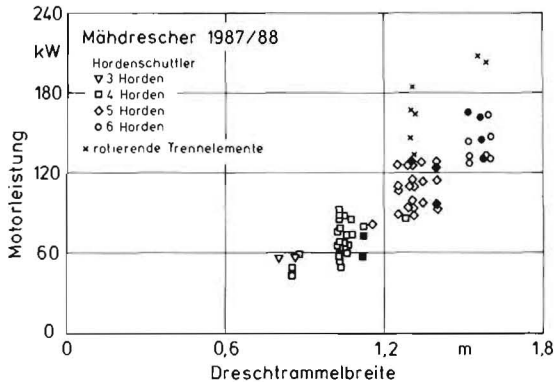


Bild 2: Motorleistung und Dreschtrammelbreite der in Deutschland angebotenen Mähdrescher.

In **Bild 2** sind die Motorleistungen der 1987 angebotenen Mähdrescher (ohne Mähdrescher mit Axialdreschwerken) über der Breite der Dreschtrammel aufgetragen. Neue Modelle sind dunkel gekennzeichnet. Deutlich zu erkennen sind vier Bereiche der Dreschtrammelbreite, die im wesentlichen mit der Zahl der Schüttlerhorden übereinstimmen, und die relativ hohen Motorleistungen der Mähdrescher mit rotierenden Trennelementen. Es werden nur noch zwei Modelle mit drei Schüttlerhorden angeboten.

Dresch- und Trenntechnik

Zur Korn-Stroh-Trennung sind die meisten Mähdreschermodelle weiterhin mit Hordenschüttler ausgerüstet. Die universelle Einsetzbarkeit dieser Schüttlermaschinen, ihre schonende Strohbehandlung und ihr relativ geringer Leistungsbedarf wiegen offensichtlich die Nachteile, wie das große Bauvolumen, den starken Verlustanstieg bei zu hohem Durchsatz und die etwas stärkere Beanspruchung der Körner im engen Dreschspalt der Tangentialdreschtrammel, auf [3 bis 8]. Wegen der dicken Strohschicht auf dem Schüttler wirken sich die u. a. von der relativen Luftfeuchte beeinflussen und von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Guteigenschaften relativ stark auf die Leistungsfähigkeit des Mähdreschers aus [9 bis 12]. Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Schüttlers werden Zusatzeinrichtungen zur Gutschichtauflockerung und -umschichtung eingesetzt (John Deere, Claas). Andere Hersteller (Ford-New Holland, Deutz-Fahr) entlasten den Schüttler durch eine vorgeschaltete Trenneinrichtung (**Bild 3**).

Zunehmend werden zur Korn-Stroh-Trennung trotz ihres höheren Leistungsbedarfs Trenn-

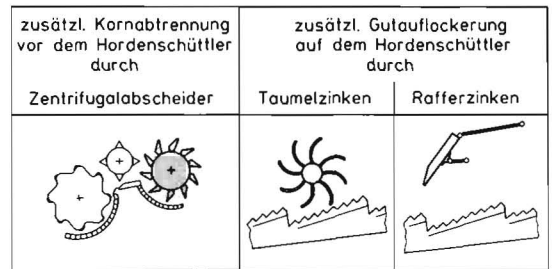


Bild 3: Schüttlerhilfen.

einrichtungen mit rotierenden Trennelementen eingesetzt. Diese schüttlerlosen Mähdrescher zeichnen sich besonders durch ihren geringen Verlustanstieg bei zunehmendem Durchsatz aus. Wegen dieser Leistungsstabilität können diese Maschinen hohe tägliche Ernteleistungen erreichen. Diese Trenneinrichtungen führen zwar zu einem höheren Kurzstrohanteil, sind aber weniger lageempfindlich als Hordenschüttler. Im Gegensatz zu den Schüttlermaschinen konkurrieren bei diesen Mähdreschern verschiedene Konzepte (**Bild 4**) [3; 13 bis 15]. Die Axialmähdrescher eignen sich besonders für Mais und weisen einen geringeren Körnerbruch auf als Mähdrescher mit Tangentialdreschtrammel [4]. Bei einem 1986 vorgestellten Mähdrescher (Fiatagri) ist der Axialrotor in das Schneidwerk integriert [2; 16]. Er wird tangential beschickt, was zu einem günstigen Materialfluß führt. Während das Stroh seitlich neben dem Mähdrescher abgelegt wird, fördert

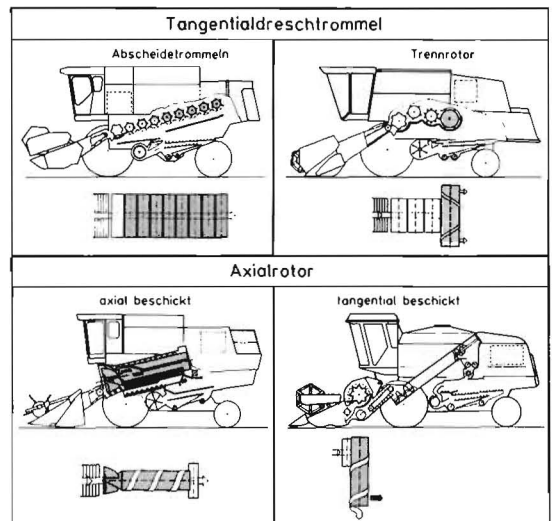


Bild 4: Mähdrescher mit rotierenden Trennelementen zur Korn-Stroh-Trennung.

eine Schnecke das abgeschiedene Korn-Spreu-Gemisch zur Reinigungsanlage. Eine Verteilschnecke verteilt das Gut über die Siebbreite.

Zur Korn-Spreu-Trennung wird weiterhin die luftdurchströmte Flachsiebreinigung eingesetzt, nachdem Versuche mit rotierenden Einrichtungen zur Korn-Spreu-Trennung noch nicht den gewünschten Erfolg, nämlich lageunabhängige, hohe Durchsatzleistungen bei geringem Bauraum und niedrigen Körnerverlusten erreicht haben [17 bis 19]. Die höheren Anforderungen an Reinigungsanlagen durch Mähdrescher mit rotierenden Trennelementen und durch brüchiges Stroh konnten durch Erhöhung der mechanischen Anregung aber vor allem durch die Ergänzung um eine zweite belüftete Fallstufe bzw. eine Vorabscheidung der Spreu aus dem Gutgemisch erfüllt werden (Bild 5). Neben der Erhöhung des Durchsatzes gewinnt eine entsprechende Leistungsstabilität, d. h. eine Beibehaltung geringer Verluste auch bei Änderung der Guteigenschaften, über einen größeren Durchsatzbereich zunehmend an Bedeutung [20 bis 22]. Durch Definition von Kennzahlen wird die Beurteilung dieser Kriterien erleichtert.

Zur Verbesserung der bei konventionellen Reinigungsanlagen stark zurückgehenden Leistungsfähigkeit am Hang wurden verschiedene Lösungen, ursprünglich vor allem für Mähdrescher mit rotierenden Trennelementen, entwickelt. Sie werden inzwischen auch bei Mäh-

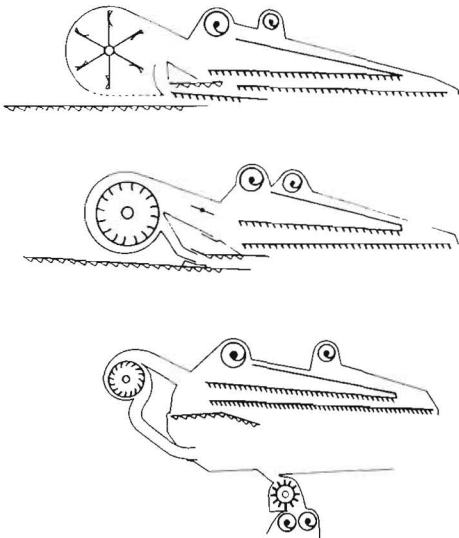


Bild 5: Reinigungsanlagen mit Vorabscheidung der Spreu (oben) und mit zweiter Fallstufe (Mitte und unten).

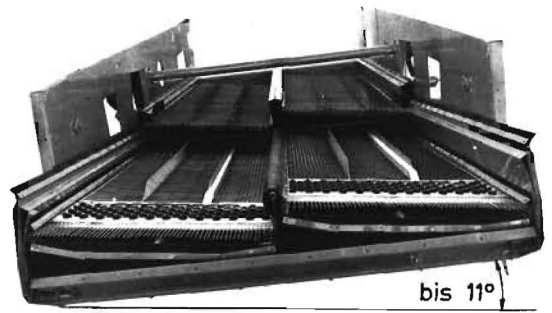


Bild 6: Reinigungsanlage mit Hangausgleich (Werkbild).

dreschern mit Hordenschüttlern bzw. als Nachrüstsatz für ältere Mähdrescher angeboten. Kostengünstiger als beim Hang-Mähdrescher wird durch das waagerechte Ausrichten der gesamten Reinigungsanlage (Ford-New Holland) bzw. des geteilten Vorbereitungsbodens und Obersiebes (Deutz-Fahr, Bild 6) oder durch die zusätzliche seitliche Schwingung des Obersiebes (Claas) eine gleichmäßige Verteilung des Korn-Spreu-Gemisches auf den Sieben erreicht [23 bis 26].

Schneidwerke, Sonderausrüstungen

Die Ausdehnung des Anbaus von Sonderfrüchten wie Raps, Sonnenblumen, Erbsen und Bohnen erfordert Schneidwerksvarianten und Zusrüsteile (Bild 7), um den Materialfluß zu verbessern und die Verluste zu senken [27]. Neben den bekannten anbaubaren Schneidischverlängerungen, die den Abstand zwischen Messer und Einzugsschnecke um einen festen Betrag verlängern, wurde von einem Zubehör-Hersteller ein ausziehbares Einbauschneidwerk entwickelt, bei

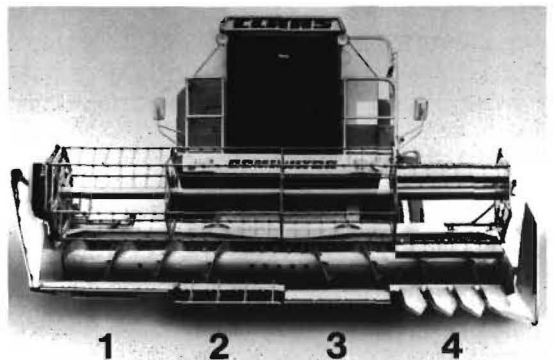


Bild 7: Ausrüstungsvarianten eines Schneidwerkes zur Ernte von 1) Raps 2) Getreide 3) Erbsen, Sojabohnen und 4) Sonnenblumen (Werkbild Claas).

dem eine stufenlose Verlängerung bis 50 cm möglich ist. Serienmäßig ist ein Mähdreschermodell bereits mit einem um 10 cm verstellbaren Schneidwerk ausgerüstet. Durch Doppelmessermähwerk und vergrößerten Hub soll die Arbeitsqualität und Laufruhe weiter verbessert werden. Um Verstopfungen der Einzugsorgane schneller und vom Fahrersitz aus beheben zu können, werden zunehmend auch serienmäßig Reversiereinrichtungen für das Schneidwerk angeboten. Für die Ernte von Körnermais und Corn-Cob-Mix wurde ein neuer Maispfücker mit nur einer mit spiralförmigen Reißkanten besetzten Reißwalze entwickelt [1].

Zur Verringerung des Strohdurchsatzes und damit zur Steigerung des Korndurchsatzes bzw. zur Senkung der Verluste bei sonst gleichen Bedingungen wird in stehendem Bestand oft höher gemäht [28]. Um die Einarbeitung des Stroh in den Boden zu erleichtern, könnten die stehenden Stoppeln mit einem weiteren tiefergestellten Messerbalken gleich mitgeschnitten werden [29]. Am NIAE (ARFC) und anderen Forschungsinstituten wird zur Verringerung des Strohdurchsatzes an einem „Stripper“ gearbeitet, der nur die Ähren durch Abstreifen mit rotierenden Kämme erntet [30 bis 32]. Dieses schon früher vorgeschlagene Verfahren wurde durch Verwendung neuer Werkstoffe und geänderter Gestaltung verbessert; die Praxisreife ist jedoch noch nicht erreicht.

Größeres Augenmerk wird auf eine gleichmäßige Verteilung der Nichtkornbestandteile hinter dem Mähdrescher gerichtet. Verbesserte Häcksler und zusätzliche Spreuverteiler sollen eine gleichmäßige Einarbeitung dieses voluminösen Materials in den Boden erleichtern.

Antriebstechnik

Der mechanische Fahrtrieb des Mähdreschers über Keilriemenvariator und Stufengetriebe hat wegen seines guten Wirkungsgrades weiterhin große Bedeutung. Für die Spitzenmodelle und für Mähdrescher mit zusätzlichem Antrieb der Lenkachse wird der hydraulische Fahrtrieb in aufgelöster Bauweise angeboten.

Die bei allen Mähdreschern serienmäßige Arbeitshydraulik wird vor allem zur Höheneinstellung des Schneidtisches und der Haspel eingesetzt, übernimmt jedoch zunehmend weitere Aufgaben (**Tafel 1**). Zur Erleichterung der Höheneinstellung des Schneidtisches sind elektrohydraulische Regelungen entwickelt worden, die wahlweise zur Führung des Schneidtisches am



Bild 8: Gummikettenlaufwerk zur Reduzierung des Bodendrucks (Werkbild Claas).

Boden mit einer Bodendruckregelung oder zur Einhaltung der Stoppellänge mit einer Lageregelung arbeiten [33 bis 35]. Bei den Mähdrescher-Spitzenmodellen lassen sich die wichtigsten Antriebselemente über eine Komforthydraulik bequem vom Fahrerstand elektrohydraulisch schalten, wobei die Betätigung der Schneidwerksstellfunktionen durch Integration der Schalter in den Fahrhebel erheblich vereinfacht wird.

Vor allem bei Großmähdreschern mit ihren hohen Gesamtmassen ist eine Verringerung des Bodendruckes zur Vermeidung von Bodenverdichtungen dringend erforderlich. Es werden zwar Sonderbereifungen angeboten (Breitreifen, Zwillingsreifen), die wegen Überbreite jedoch eine Ausnahmegenehmigung für die Straßenfahrt erfordern. Eine interessante Alternative zu Sonderbereifungen zeigt **Bild 8** mit einem in Ent-

Tafel 1: Betätigung wichtiger Stellfunktionen (Datenbasis 73 Mähdreschermodelle)

	mechanisch	mechanisch, elektrisch unterstützt	mechanisch, hydraulisch unterstützt	voll elektrisch	voll hydraulisch
Haspeldrehzahl	14	41	10		8
Dreschtrommeldrehzahl	28	14	30		1
Gebläsedrehzahl	56	17			
Fahrgeschwindigkeit	2		41		30
Haspel, vertikal					73
Haspel, horizontal	31			2	40
Schneidtischhöhe					73
Korntankentleerrohr	13			1	59
Lenkung					73

wicklung befindlichen Gummikettenlaufwerk [36], das bei Straßenfahrt Geschwindigkeiten bis 25 km/h zulassen soll. Der Einsatz dieses Fahrwerks an Schleppern und Transportanhängern wird ebenfalls untersucht, um eine geschlossene Erntekette zur Verfügung zu haben.

Informations- und Regeltechnik

Zur Entlastung des Fahrers von Kontrollaufgaben, zur Vereinfachung der Mähdrescherbedienung, zur Erhöhung des Durchsatzes und zur Verminderung der Verluste gewinnen Informations- und Regelsysteme zunehmend an Bedeutung. Zunächst vorrangig zur Information des durch die Kabine von der Maschine isolierten Fahrers über absinkende Drehzahlen bzw. Stillstand der Arbeitsorgane vorgesehen, bereiten die einfachen Überwachungssysteme den Weg für weitere elektronische Einrichtungen am Mähdrescher.

Die Prallplattensensoren zur Kontrolle der Verluste haben inzwischen große Bedeutung erlangt. An ihrer Weiterentwicklung wird intensiv gearbeitet, um die Unterscheidung zwischen Korn- und Nichtkornpartikeln zu verbessern und die Genauigkeit zu erhöhen. Durch Anordnung der Prallplatten unterhalb der Trenneinrichtung wird versucht, die Verluste aus der Kornabscheidung zu bestimmen und damit die systembedingten Nachteile heutiger Verlustsensoren zu vermeiden [37 bis 39]. Ähnlich wie für Ackerschlepper werden auch für Mähdrescher Bordrechner angeboten. Ertrag und geerntete Kornmasse können jedoch erst dann erfaßt werden, wenn für die exakte Bestimmung des Korndurchsatzes ein ausrei-

chend genauer und praxistauglicher Sensor entwickelt ist. [35; 40 bis 42]. Ansätze hierzu auf der Basis von Dichtemessungen sind zu erkennen, nachdem volumetrische Verfahren zur Korndurchsatzbestimmung sich wegen der starken Änderung der Gutedichte nicht bewährt haben. Die zunehmende Vielzahl an Informationseinrichtungen erfordert allerdings eine gute ergonomische Gestaltung, um den Fahrer nicht zu überlasten [43 bis 45].

Unterschiedliche Bestandsdichten [46] und starke Variationen der Guteigenschaften mit erheblichen Auswirkungen auf die Leistung der Mähdrescher [9 bis 12] sowie der Wunsch, den Fahrer stärker als bisher von den Stellvorgängen zu entlasten, werden die Bemühungen zur Entwicklung von Regelsystemen verstärken [35; 47 bis 52]. Zur Zeit werden im wesentlichen Schnitthöhenregelung, Hangaussgleich und automatische Lenkung in der Praxis eingesetzt. In Ungarn wurde eine Fahrgeschwindigkeitsregelung unter Verwendung der Körnerverluste als Regelgröße vorgestellt und inzwischen um eine Regelung der Dreschtrommeldrehzahl erweitert [53]. Zur Vermeidung der prinzipiellen Fehler solcher Regelanrichtungen aufgrund der zeitlichen Differenz zwischen Gutaufnahme und Verlustmessung, werden Regeleinrichtungen entwickelt, die jeweils die einzelnen Trennorgane des Mähdreschers im optimalen Arbeitsbereich halten [54]. Die Fortschritte im Bereich der hierfür eingesetzten Mikroelektronik lassen eine günstige ökonomische Beurteilung dieser Regelsysteme erwarten.

10.2 Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten

Verfahren zur Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten werden für Ährengetreide und Mais – in der Bundesrepublik Deutschland vor allem als Corn-Cob-Mix – angewendet. Die Gründe für deren zunehmende Verbreitung liegen in der Einsparung von Primärenergieträgern und der steigenden innerbetrieblichen Verwendung von Getreide.

Für die Konservierung von Corn-Cob-Mix kommen dabei folgende Verfahren zum Einsatz [1]:

- Ungeschrotetes CCM im gasdichten Hochsilo, Untenentnahmefräse;

- geschrotetes CCM im gasdichten Hochsilo mit Obenentnahmetechnik und Untenaustrag (Zentralschacht);
- geschrotetes CCM in nichtgasdichten Hochsilos mit Obenentnahmetechnik;
- geschrotetes CCM in Flachsilos;
- geschrotetes CCM in Hochsilos unter Wassereinzug.

In praktisch allen Neubaufällen wird heute geschrotetes CCM eingelagert, wobei aufgrund der guten Vergärbarkeit einfachere Systeme bei sorg-

fältiger Handhabung eindeutig bevorzugt werden. Beim relativ jungen Verfahren der Flüssigkonservierung wird geschrotetes CCM mit Wasser zu einem Brei mit einer Feuchte von 55% angeteigt und in Stahlhochsilos gepumpt. Die pumpfähige Silage kann direkt in einer Flüssigfütterung für Schweine verwendet werden. Bei Einhaltung der angestrebten Feuchte kann das Verfahren sicher gehandhabt werden. Gegenüber herkömmlichen Verfahren sind etwa 10 bis 15% zusätzlicher Lagerraum für das zugesetzte Wasser sowie zur Abpufferung einer Ausdehnung des Futterstocks durch intensive Vergärung einzuplanen [2; 3].

Für die Konservierung von erntefeuchtem Getreide sind die folgenden Verfahren bekannt:

- Kühlung;
- Lagerung ganzer Körner in gasdichten Hochsilos;
- Lagerung ganzer Körner unter Schutzgasatmosphäre;
- Lagerung von geschrotetem Getreide in Fahrsilos;
- Konservierung ganzer Körner mit Propionsäure;
- Konservierung ganzer Körner mit Futterharnstoff;
- Lagerung von geschrotetem Getreide unter Wasserzusatz.

Bei der Kühlagerung, der Lagerung im gasdichten Hochsilo sowie der Propionsäurekonservierung handelt es sich um in die landwirtschaftliche Praxis eingeführte Verfahren. Fortschritte wurden vor allem bei der mikrobiologischen Beurteilung von gasdicht gelagertem Getreide erzielt [4].

Umfassende Entwicklungsarbeit wurde zur Einlagerung von geschrotetem Getreide in Fahrsilos geleistet. Das Verschroten von Feuchtgetreide mit den auf landwirtschaftlichen Betrieben vorhandenen Mühlen- und Antriebsleistungen stellt den verfahrenstechnischen Engpaß dar, da bei Anpassung an die Mähdrescherleistung ein Durch-

satz von mindestens 8 t/h erforderlich ist. Dies ist nur beim Einsatz von Großmaschinen (Lohnunternehmer oder Maschinenring) zu erreichen [5]. Bei Feuchten über 20% ist zur sicheren Konservierung Propionsäure zuzusetzen. Dieser Zusatz kann auch die Verluste wirksam vermindern. Feuchtgetreide muß nicht so intensiv vermahlen werden wie Trockengetreide, um bei Schweinen ausreichende Mastleistungen zu gewährleisten.

Die Lagerung von Getreide unter Wasserzusatz führt im Gegensatz zur Lagerung von Corn-Cob-Mix unter Wasserzusatz noch zu verfahrenstechnischen Problemen; diese betreffen insbesondere die Entmischung von Getreide und Wasser, so daß keine homogene Futtermischung entnommen werden kann. Auch ist die Restentleerung dieser Behälter dann problematisch und mit der Entnahmepumpe nicht mehr zu bewerkstelligen [6].

Die Lagerung ganzer Getreidekörner unter Schutzgasatmosphäre in einem gasdichten Trevirasilo befindet sich im Entwicklungsstadium. Durch die Schutzgasbeaufschlagung werden Kornatmung und Schädlingsaktivität sofort nach der Einlagerung stark reduziert, so daß nur äußerst geringe Verluste auftreten [7].

Die Haltbarmachung mittels Futterharnstoff kann als verfahrenstechnisch gelöst eingestuft werden. Der weitgehend von der Gutfeuchte unabhängige Zusatz von 2,25 kg Futterharnstoff/dt Getreide führt zu einer wirksamen Konservierung für Wiederkäuer. Für die Aufbereitung bieten sich vor allem Quetschen an; das Verschroten mit Hammermühlen ist besonders ab 20-25% Feuchte erschwert [8]. Für Schweine ist Futterharnstoff futtermittelrechtlich noch nicht zugelassen.

Die Verfahren der Lagerung unter Wasserzusatz und der Haltbarmachung mit Futterharnstoff haben eine gewisse Verbreitung gefunden. Die Lagerung im Fahrsilo geht aufgrund des relativ hohen technischen Aufwandes und der Kosten bei der Einlagerung nach anfänglicher Verbreitung wieder zurück.

10.3 Körnertrocknung

Allgemeines

Die Entwicklung im Bereich der Körnertrocknung wurde maßgeblich geprägt durch marktpolitische Entscheidungen der EG. Die Reduzierung des zulässigen Feuchtegehaltes für Handelsgetreide von 16 auf 15%, die verschärften Qualitätsanforderungen an Getreide [1] sowie der verstärkte Anbau von Leguminosen und Ölsaaten veranlaßte die Hersteller der Trocknungsanlagen zur Modifizierung ihrer Systeme. Im Gegensatz zu den Vorjahren stand dabei nicht mehr die Einsparung von Energie sondern die Leistungssteigerung und die Erhaltung der Produktqualität im Vordergrund [2 bis 4].

Kaltlufttrocknung

In den landwirtschaftlichen Betrieben werden verstärkt Kaltlufttrocknungsanlagen zur Getreidekonservierung eingesetzt. Untersuchungen über die mikrobielle Entwicklung und den Verderb bei der Konservierung von Getreide brachten wichtige Erkenntnisse für die Auslegung von Kaltlufttrocknern [5]. Kaltlufttrockner werden neuerdings auch zur Trocknung von Reis in Korea eingesetzt [6]. Weiter sind Bestrebungen im Gange, durch eine Modifizierung der Kaltlufttrockner die derzeitigen Probleme bei der Reistrocknung in den humiden Tropen zu lösen [7]. Durch Fließbrinnen mit Entnahmeleistungen bis zu 20 t/h läßt sich der Betriebsablauf weitgehend automatisieren (Bild 1). Unbefriedigend ist allerdings die nach wie vor hohe Staubemission bei der Entleerung. Durch den Einsatz zuschaltbarer Einzelventilatoren konnte der Energiebedarf beim Belüften auf ein Minimum begrenzt werden, ohne daß dadurch die Entnahmeleistung zurückgeht. Im Hinblick auf die zu erwartende Absenkung des Feuchte-Schwellenwertes für Handelsgetreide auf 14% wurden zur Vorwärmung der Trocknungsluft stufenlos regelbare Flüssiggasheizungen als Alternative zu den bislang verwendeten Elektroheizungen entwickelt. Der wirtschaftliche Einsatz von mikrocomputergesteuerten Regelungseinrichtungen zur witterungsabhängigen Steuerung der Lufterhitzer [8] hängt weitgehend von der Entwicklung kostengünstiger Sensoren zur Messung der relativen Feuchte der Luft ab. Zur Homogenisierung des Getreides in Großlagen werden regelbare Belüftungsaggregate eingesetzt.

Warmlufttrocknung

Inzwischen werden bei der Warmlufttrocknung die von der Wissenschaft empfohlenen Trocknungslufttemperaturen in der Praxis weitgehend eingehalten. Unsicherheit besteht allerdings über die optimalen Trocknungsbedingungen bei Leguminosen und Ölsaaten.

Zur Verbesserung des Betriebsablaufes werden die Sieblochböden bei den Flachbehälter-trocknungsanlagen durch Fließbrinnen, bei den Wagentrocknern durch aufsetzbare Luftkanalsysteme abgelöst. Von absätzig betriebenen Dächerschachttrocknern erhoffen sich die Trocknerhersteller eine gleichmäßigere Trocknung als bei den Zentralrohr- oder Querbelüftungssilos. Zur Anpassung der Trocknungsleistung an die Kapazität der Erntemaschinen ist eine Mechanisierung des Betriebsablaufes zwingend erforderlich, um die Stillstandzeiten auf ein Minimum zu begrenzen [9].

Die gleichmäßige Trocknung und die gute Energieausnutzung begünstigen die Entwicklung von Umlauftrocknern unterschiedlicher Bauart. Fährbare Ringschachtumlufttrockner werden vorwiegend von Lohnunternehmen und Maschinenringen eingesetzt. Durch Schieber an den einzelnen Dachreihen kann bei den stationären Dächerschachtumlufttrocknern der Luftdurchsatz an das zu trocknende Gut angepaßt werden. Die Trocknung von Restmengen und

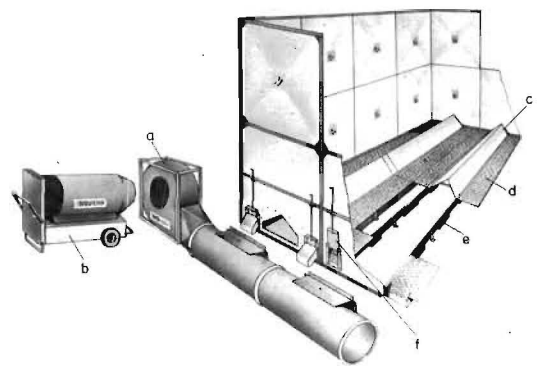


Bild 1: Kaltlufttrocknung mit Fließbrinnenentleerung (Werkbild Neupro).

a) Radialventilator
b) Lufterhitzer
c) Luftkanal

d) Düsenblech
e) Holzlatte
f) Schieber

Kleinpartien wird durch das Absperren der Zuluft in den oberen Dachreihen möglich.

Große Querschnitte schließen Brückenbildung und Verstopfen bei den Doppelschachtumlauf-trocknern aus (Bild 2). Oszillierende Fegeschnecken in Verbindung mit einem Becherelevator garantieren die geforderte hohe Förderleistung und begrenzen die Kornbeschädigung auf ein Minimum. Die kontinuierliche Wägung des Umlauftrockners mittels einer elektronischen Wiegeeinrichtung erlaubt eine Automatisierung des Betriebsablaufs über einen Mikrocomputer. Die Leistung der Umlauftrockner wurde auf 2-6 t/h bei Weizen und 1-3 t/h bei Mais gesteigert, wodurch die Umlauftrockner mit Durchlauftrocknern der unteren Leistungsklasse konkurrieren können.

Im Gegensatz zu den USA wurden in den meisten europäischen Ländern die Querstromdurchlauftrockner aufgrund der ungleichmäßigen Trocknung und der schlechten Energieausnutzung weitgehend von Dächerschachtdurchlauftrocknern abgelöst [10; 11]. Mehrstufige Dächerschachttrockner mit Einzelventilatoren sowie Misch- und Drosseleinrichtungen erlauben eine optimale Anpassung der Temperatur der Trocknungsluft und des Luftdurchsatzes an die jeweiligen Erfordernisse der zu trocknenden Gutart. Um Betriebsstörungen zu vermeiden, sowie im Hinblick auf eine gleichmäßigere Trocknung ist eine Optimierung der Form und der Anordnung der Luftkanäle erforderlich [10].

Trotz des derzeit niedrigen Energiepreises werden von den Trocknerherstellern große Anstrengungen unternommen, den Energiebedarf der Trocknungsanlagen weiter zu senken. Einige Firmen mischen die Abluft aus der Kühlzone und Teile der Abluft aus der Trocknungszone mit der Frischluft [10]. Bis zu 30% der zugeführten Wärme können über Wärmetauscher aus der Abluft auf den Frischluftstrom übertragen werden [12]. Hierzu muß die Abluft allerdings zunächst in einem Luftwäscher entstaubt werden.

Automatisierung

Fortschritte wurden bei der Automatisierung des Betriebsablaufes durch den Einsatz von Mikrocomputern erzielt, mit denen der Gutdurchsatz in Abhängigkeit von Anfangsfeuchtegehalt und Guttemperatur geregelt werden kann. Die kontinuierliche Messung der Kornfeuchte stellt nach wie vor ein ungelöstes Problem dar. Temperatursensoren im Abluftkanal werden neuerdings zur Früherkennung von Trocknerbränden eingesetzt.

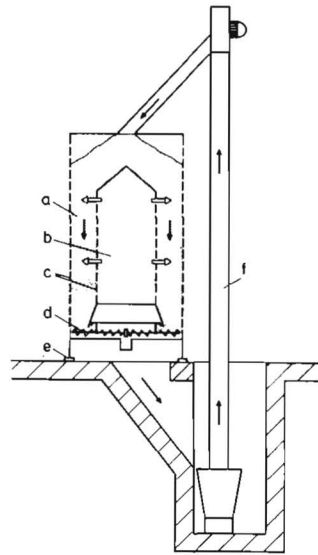


Bild 2: Doppelschacht-Umlauftrockner (Werkbild Menton)

- a) Trocknungsgut
- b) Luftschacht
- c) perforierte Wand
- d) Fegeschnecke
- e) Wiegezelle
- f) Becherelevator

Die in den USA entwickelten Simulationsmodelle wurden weiter verbessert. Erstmals konnte das Trocknungsverhalten von Einzelkörnern und die gleichzeitig ablaufenden Veränderungen der qualitätsbestimmenden Eigenschaften rechnerisch bestimmt werden [13]. Die Erweiterung des Modells auf ruhende oder bewegte Körnerschüttungen könnte ein wichtiges Hilfsmittel zur Trockneroptimierung werden.

Wesentliche Fortschritte konnten bei den Körnerkühlgeräten erzielt werden. Durch eine stufenlose Regelung der Kälteleistung über den Luftdurchsatz kann die Kühllufttemperatur unabhängig von den Witterungsbedingungen konstant gehalten werden.

11. Hackfruchternte

11.1 Kartoffelernte

Allgemeines

Die Kartoffelernte in den kartoffelbauenden Industrieländern ist heute geprägt von hochentwickelten Sammelerntemaschinen, die auf fast allen Bodenarten und Einsatzbedingungen annähernd verlustlos roden und sammeln können. Nicht zuletzt haben dazu die Verbesserung der Anbautechnik und die Kartoffelzüchtung beigetragen. Nur auf kleinen Anbauflächen und auf Versuchs- und Zuchtfeldern werden die Kartoffeln noch von Hand aufgelesen. Für dieses Verfahren stehen Schleuder- und Vorratsroder zur Verfügung, wobei vor allem die zweireihigen Vorratsroder durch ihre universelle Einsatzmöglichkeit wieder an Bedeutung gewonnen haben [1 bis 4].

Direktes Ernteverfahren

Überwiegend werden die Kartoffeln noch nach dem direkten Verfahren geerntet [5; 6]. Der ziehende Schlepper spreizt ein oder zwei Reihen. Der Roder nimmt den Kartoffeldamm mit einem über Dammrollen der Tiefe nach geführten Rodeschar auf. Das Fahren des Schleppers und des Roders in den Furchen ist heute selbst bei einer Reihenweite von 75 cm nicht mehr problemlos, da schon zehn Zoll breite Reifen Kluten bilden, die in die Erntemaschine gelangen und Kartoffeln gequetscht werden können. Eine fast berührungslose Dammaufnahme ist bisher nur mit zweireihigen Selbstfahrern möglich, besonders dann, wenn sich die Laufräder des Roders hinter dem Rodeschar und außerhalb der Kartoffeldämme befinden. Da der Übergang zur nächsten Reihenweite 90 cm mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, wurden die einreihigen Sammelroder mit seitlicher Dammaufnahme entwickelt, die in den vergangenen Jahren stark zugenommen haben.

Als Rodeschare werden fast ausschließlich Blattschare mit seitlich angeordneten Scheiben-

sechen verwendet. Die seitlichen Einstellung der Rodeschare und die Lenkung der Laufräder wird in zunehmendem Maße hydraulisch vorgenommen.

Die Absiebung des Bodens erfolgt heute ausschließlich auf Siebketten mit Vollstäben. In Europa werden überwiegend Gummistrangriemen verwendet, die endlos sein können oder mit verschiedenartigen Verbindern ausgestattet sind. Die lichten Weiten variieren je nach den Knollengrößen zwischen 22 und 30 mm. Mit wenigen Ausnahmen wird bei den Sammelroder ein Siebkettenanstieg von 20° eingehalten. Diese Grenze sollte aber eher unter- als überschritten werden, da sonst die Knollen und Steine zum Zurückrollen neigen. Siebkettenüberzüge wurden früher zur Verringerung der Knollenbeschädigung entwickelt. Heute werden sie jedoch im wesentlichen zur Veränderung der lichten Weiten bei endlosen Siebketten benutzt. Die Siebkettengeschwindigkeit sollte im Hinblick auf die Knollenbeschädigung und die optimale Siebleistung 1,5 m/s nicht wesentlich überschreiten. Das Einhalten einer niedrigen und gleichmäßigen Siebkettengeschwindigkeit wird sowohl durch die bei einigen Rodern mögliche Abstufung der Antriebsgeschwindigkeit als auch durch den Einsatz leistungsstarker Schlepper, die insbesondere für den Transport des Roders mit gefülltem Bunker an den Standwagen notwendig sind, begünstigt.

Von besonderer Bedeutung sind die Rüttel- und Klopfleinrichtungen der Sieb- und Krautkette, da sie bei unsachgemäßer Handhabung für einen großen Teil der Knollenbeschädigungen verantwortlich sind. Diese Einrichtungen sollten nur aktiviert werden, wenn genügend Erdpolster vorhanden ist. Eine verbesserte Anpassung an die Siebbedingungen und eine erhebliche Bedienungserleichterung kann durch eine elektrische oder hydraulische Verstellung erreicht werden.

Bei den Einrichtungen zur Krauttrennung ist die Bedeutung der Zupfwalze (**Bild 1**) als alleiniges Trennelement stark zurückgegangen, da ihre Leistungsfähigkeit nicht mehr befriedigt und die Beschädigungsgefahr für die Kartoffeln bei einer weiten Einstellung auch zu hoch ist. Heute gibt es mit der weitmaschigen und der engmaschigen Krautkette im wesentlichen nur noch zwei konkurrierende Krauttrennsysteme. Dabei hat die weitmaschige Krautkette mit den steigenden Qualitätsanforderungen wieder an Bedeutung gewonnen, zumal es gelungen ist, das grobe Kraut ebenso gut wie bei der engmaschigen Krautkette abzutrennen. Es bleibt allerdings die Abtrennung des feinen Restkrautes, das bei der weitmaschigen Krautkette mit den Kartoffeln durch die Maschen fällt. Die engmaschige Krautkette wurde durch spezielle Polsterungen ebenfalls weiter verbessert, so daß bei richtiger Einsatzweise das Beschädigungsniveau des Erntegutes niedrig gehalten werden kann.

Nach der Krautabtrennung erfolgt der Hochtransport des Rodegutes überwiegend durch Hubräder, die quer oder längs zur Fahrtrichtung angeordnet sein können. Bei den größeren Rodern finden zunehmend Ringelevatoren Verwendung, die mit ihren senkrechten Förderwegen eine bessere Unterbringung der Trenneinrichtungen erlauben. Daneben werden heute auch schon ein- und zweireihige Roder mit einseitigen Elevatoren ausgerüstet. Den Verzicht auf einen Steiltransport haben erst die Sammelroder mit seitlicher Dammaufnahme ermöglicht. Unter Inkaufnahme nicht immer günstiger Verleseplätze konnten mit Hilfe eines Senkrechttransportes oder hohe Anlenkpunkte des Sammelbunkers

Förderwege im Roder erheblich verkürzt und Fallstufen eingespart werden. Die DLG-Prüfungen [4] dieser Seitenroder haben eine wesentlich geringere Beschädigungsgefahr gegenüber den bisherigen Roderbauarten aufgezeigt.

Die Trenneinrichtungen zum Abtrennen der Restbeimengungen, wie Erde, Kluten und Steine, haben sich vom gegenlaufenden Band weitgehend zur Kombination von Gummifingerband und Abstreifer entwickelt. Einen großen Fortschritt brachten dabei die Mehrfachabstreifer (**Bild 1**), deren Abstand zum Gummifingerband sich im Laufe der Bewegung nicht verändert. Dadurch wird eine fast verlustlose Beseitigung der Reste Erde und eine weitgehende Zerstörung der Kluten ermöglicht. Bei großfallenden Sorten kann zudem eine gute Abtrennung der kleinen Steine erreicht werden. Übersteigt der Steinanteil im Erntegut ein Drittel der Kartoffelmenge, sind spezielle Trennaggregate, die meistens aus Bürstenwalzen oder Bürstenbändern bestehen, wirksamer, aber auch wesentlich kostspieliger. Hier stellt sich die Frage, ob es nicht besser ist, den Steinanteil im Boden durch eine vorherige Entsteinung so zu mindern, daß einfache Trenneinrichtungen ausreichen. Den höchsten Wirkungsgrad zeigten bisher elektronische Trennanlagen, die eine Trennung nach physikalischen Eigenschaften, wie unterschiedlicher Strahlenabsorption oder unterschiedlichem Reflexionsvermögen, vornehmen.

Der anschließende Verlesebereich besteht zu meist aus zwei getrennten Verleseketten für das Erntegut und die ausgesonderten Beimengungen. Die aus Kostengründen rapide abnehmende Zahl an Lesepersonal hatte dabei zur Folge, daß den Arbeitsplätzen auf den Rodern bei der Ausgestaltung häufig nicht die Aufmerksamkeit gewidmet wurde, die ihnen eigentlich zukommt. Auch Schutzeinrichtungen gegen Sonne und Regen sind noch selten, obwohl die Kartoffel besonders gegen Regenwasser sehr empfindlich sind.

Die Ablage der Kartoffeln in Kleinbehälter, wie Kisten oder Körbe, geht immer mehr zurück. Überwiegend dienen Kippbunker und Rollbodenbunker als Sammeleinrichtungen, wobei der Rollbodenbunker bevorzugt wird. Die Ablage auf den nebenherfahrenden Wagen wird nur bei großen Anbauflächen praktiziert. Zur Unterbrechung der Fallhöhe im Sammelbunker finden vielfach Segeltücher, bei den Rollbodenbunkern Gummistrippen Verwendung. Neuerdings werden auch elektrische Stellmotoren zum Absenken der Beschickungsbänder für den Sammelbunker angeboten.

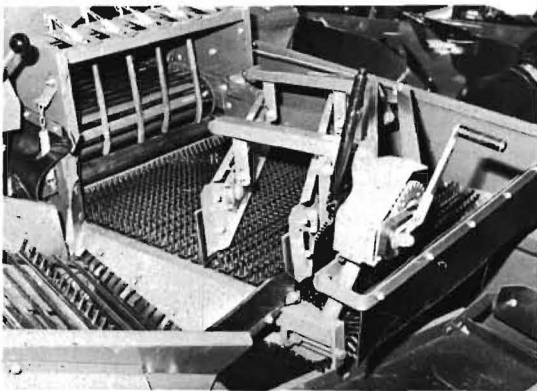


Bild 1: Zupfwalze und Kombination von Mehrfachabstreifer mit einem Gummifingerband.



Bild 2: Einreihiger Sammelroder mit seitlicher Dammaufnahme.

Das Fassungsvermögen der Kippbunker ist mit etwa 1,8 t begrenzt, während es inzwischen Rollbodenbunker mit einem Fassungsvermögen bis zu 4,5 t gibt. Schnell gesteigert hat sich in den vergangenen Jahren aber auch die Größe der Transportfahrzeuge. So werden heute Überladehöhen von mehr als 3 m gefordert, die zu neuen Lösungen, wie mechanisch oder hydraulisch höhenverstellbaren Bunkern, geführt haben.

Rodertypen

Bei den einreihigen Sammelrodern [7] lassen sich grundsätzlich Roder der unteren, mittleren und höchsten Leistungsklasse unterscheiden. Dabei ist die Zahl der Varianten bei der oberen Leistungsklasse am höchsten. Die Roder mit mittlerer Dammaufnahme haben inzwischen stark abgenommen. Dafür haben die Seitenroder in allen Leistungsklassen stark zugenommen (**Bild 2**). Zweireihige Wagenroder (**Bild 3**) gibt es überwiegend im Ausland. In vielen Fällen wird eine Verlesemöglichkeit gefordert, da vor allem Mutterknollen und angefaltete Knollen ausgelesen werden müssen. Auch zweireihige Bunkerroder, wie besonders die Selbstfahrer, haben aus Kostengründen nicht die erwartete Verbreitung finden können. Das Sammeln im Bunker wird aber nach wie vor als großer Vorteil angesehen, da der Personalaufwand gering ist und auch weniger Druckschäden auf dem Feld entstehen.

Geteiltes Ernteverfahren

Das geteilte Ernteverfahren [8; 9] befindet sich noch inmitten einer nicht ganz klar abzugrenzenden Entwicklung. Es ist nichts anderes als die Fort-

setzung des Vorratsrodeverfahrens, das in Europa nur ein Jahrzehnt Bedeutung erlangen konnte und eine bisher nicht wieder erreichte Kartoffelqualität hervorbrachte. Die schnelle Abtrocknung auf dem Feld, verbunden mit einer erheblichen Aufwärmung der Knollen führt vor allem zu einer hellen Ware mit geringer Beschädigungsempfindlichkeit.

Inzwischen gibt es zwei- und vierreihige Schwadleger unterschiedlicher Leistungsklassen ohne und mit Krauttrennung. Darüberhinaus gibt es auch die Möglichkeit, mit einem zweireihigen Schwadleger vier Reihen nebeneinander oder zusammen zu legen. Grundlegende Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des geteilten Ernteverfahrens hat vor allem die Schwadunterlage und der Krautanteil. Nur ein ebener, möglichst leicht angedrückter Boden ermöglicht eine flache und verlustarme Schwadaufnahme. Inzwischen wurden Andrückwalzen und Leiteinrichtungen entwickelt, die eine saubere und scharf abgegrenzte Schwadablage ermöglichen. Der Kraut- und Unkrautanteil muß möglichst gering sein. Bewährt hat sich das Krautabschlagen auf eine Reststengellänge von 20-25 cm.

Für die Aufnahme des Schwades gibt es in Europa noch keine Spezialmaschinen. Bewährt haben sich die Seitenroder und zweireihigen Sammelroder. Bei der Kombination von einem zweireihigen Schwadleger und einem Seitenroder konnte der Anteil beschädigter Knollen im Vergleich zum direkten Ernteverfahren halbiert werden [10]. Zweireihige Schwadsammler setzen einen vierreihigen Schwad voraus, damit auch hier eine wesentliche Minderung des Anteils beschädigter Knollen möglich wird. Die Schwadaufnahme geschieht überwiegend durch Austausch des Rodeschares gegen eine angetriebene



Bild 3: Zweireihiger Sammelroder mit Verlesestand.



Bild 4: Schwadaufnahmeeinrichtung mit Aufnahmewelle.

ne Aufnahmewelle (Bild 4) oder eine zusätzliche Förderkette.

Nach umfangreichen Erfahrungen haben sich unter den hiesigen Boden- und Klimabedingungen nachstehende Vor- und Nachteile herausgestellt:

Vorteile

- Erhaltung der originalen Schalenfarbe. Wesentlich geringere Verschmutzung der Knollen und damit auch geringere Infektionsgefahr
- Abtrocknung der Schale, Schließen der Atmungsöffnungen
- Verminderte Infektions- und Beschädigungsgefahr bei der Nacherntebehandlung

- Geringere Knollenbeschädigung durch Ausnutzung der Temperaturerhöhung im Kartoffelschwad
- Leichte Absiebung des im Schwad befindlichen Bodens
- Weniger Bodendruckschäden. Der schwere Sammelroder befährt nur einen Teil des Feldes. Das gleiche gilt für nebenherfahrende Transportfahrzeuge
- Höhere Flächenleistung und damit höhere Schlagkraft für die Ausnutzung günstiger Witterungsbedingungen
- Geringere Verschmutzung bei der Einlagerung oder sofortigen Aufbereitung und damit bessere Lagerfähigkeit
- Weitgehender Verzicht auf die Abtrocknungsbelüftung und damit Energieeinsparung
- Erhebliche Verbesserung der Lagerfähigkeit für die Langzeitlagerung
- Möglicher Verzicht auf das Waschen oder Bürsten der Knollen und beim Waschen verringerter Wasserverbrauch.

Mögliche Nachteile

- Der Boden muß fast stein- und klutenfrei sein
- Der Acker muß unkrautfrei und das Kartoffelkraut darf nicht länger als 20-25 cm sein
- Es muß die Wetterlage berücksichtigt werden. Je höher der Schwad, umso schwieriger gestaltet sich das Abtrocknen.

11.2 Zuckerrübenerte

Kennzeichen des Zuckerrübenanbaues in der Bundesrepublik Deutschland ist die ausschließliche Verwendung von pilliertem Saatgut (Kaliber 3,25-4,75 mm) und die Zunahme des vereinzelungslosen Anbaues. Eine Vielzahl von Einbettungs- und Bodenbedeckungswerkzeugen ermöglichen bei Saatgut hoher Einkeimigkeit (100%) und Keimfähigkeit (93%) Feldaufgänge in der Größenordnung von 70 bis 80%. Bei der Korneinzelung im Sägerät überwiegen aus Kostengründen mechanische Lösungen. Die Ablagegenauigkeit pneumatischer Einzelkornsägeräte erreicht mit 96% nur die Ablagegenauigkeit von mechanischen Einzelkornsägeräten [1 bis 3]. Die Prüfung von Einzelkornsägeräten ist mit dem ISO-Standard 7256/1 vereinheitlicht. Mit der zunehmenden Verbreitung des Zwischenfruchtanbaues und damit der Mulchsaat zur Nematodenkontrolle und Erosionsminderung werden Schneidscheiben, Räumscheiben und Scheibenschare zur Einsaat durch organischen Mulch angeboten. Hierdurch erhöhen sich die Anschaffungskosten gegenüber konventionellen Sägeräten um bis zu 46% pro Aggregat [2; 4 bis 6]. Ein Loch-Sägerät (Bild 1) zur punktförmigen Saatgutablage ist in Erprobung.

Die Entwicklung der Erntetechnik ist gekennzeichnet durch Maßnahmen zur Verringerung des Erdanteiles (Tafel 1) [7 bis 9]. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt der Erdanteil im Mittel 16,4% und damit der Erdadtrag 3 Mio t/a. Ein Rüben-Erde-Verhältnis von 1 zu 10 bis 1 zu 15 bei den gebräuchlichen Rodescharen bedeutet einen Erdfluß in der Maschine von 35-40 kg/s und

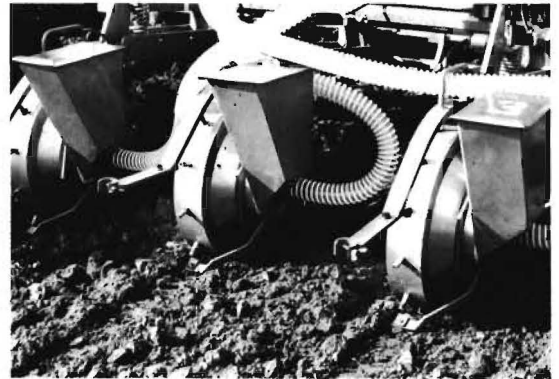


Bild 1: Prototyp eines Loch-Sägerätes zur punktförmigen Saatgutablage durch organischen Mulch (Stempel-Sägerät des Instituts für Landtechnik der Universität Bonn).

Tafel 1: Zusammenstellung der Forderungen zur Steigerung der Reinigungsintensität in der Erntemaschine mit ihren Folgerungen.

Forderungen	Folgerungen
<ol style="list-style-type: none"> 1. Konstruktive Ergänzungen in den Erntemaschinen 2. Trennen der Vorgänge zur Reinigung der Rüben 3. Die Rüben einzeln, nicht als Haufwerk behandeln 4. In der Reinigung Drehung der Rüben um ihre Längsachse, Reinigen auch der Wurzelfurchen 5. Keine höheren Anteile an Wurzelbruchverlusten und Epidermisverletzungen als bisher 6. Leicht mögliche Anpassung an die Erntebedingungen 	<p>Die Erde bleibt auf dem Feld verteilt zurück</p> <p>Mehrstufige Reinigung notwendig Z. B. 1. Stufe: Absieben der losen Erde 2. Stufe: Abtrennen der noch anhaftenden Erde</p> <p>Geringer Massestrom notwendig, ohne Erhöhung des Arbeitszeitbedarfes nur in der Erntemaschine während der Feldarbeit möglich</p> <p>} Speziellere Reinigungsorgane, den Reinigungsstufen angepaßt (hart, weich)</p> <p>Z. B. einstellbare Verweildauer und Reinigungsintensität in den Reinigungsstufen</p>

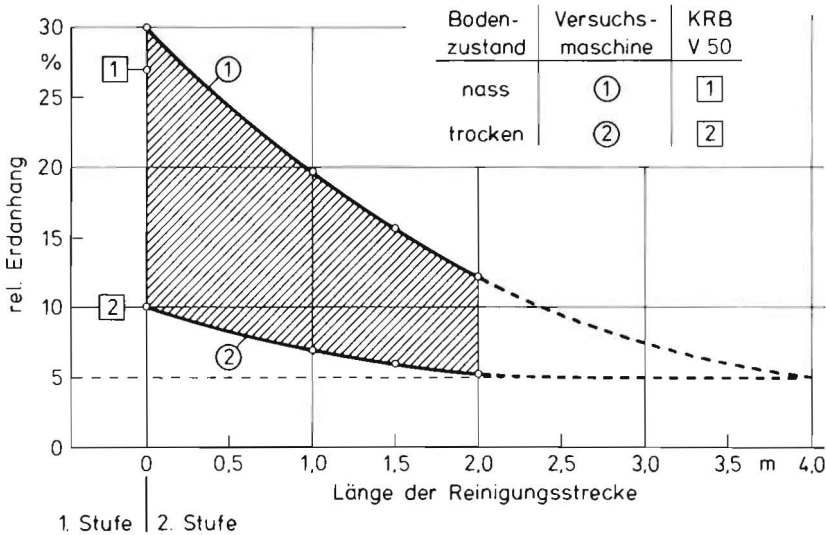


Bild 2: Versuchsergebnisse der Verringerung des relativen Erdanteiles durch eine 2-phasige (2-stufige) Erdabscheidung gemäß den Forderungen und Folgerungen in Tafel 1 in Abhängigkeit vom Bodenzustand.

1, 2 – Kennzeichnung des Bodenzustandes; KRB V50 – einreihiger Köpfbrecher Typ V 50 als Vergleichsstandard, Abreinigungsergebnis entspricht der 1. Reinigungsstufe; morphologisch bedingter minimaler rel. Erdanteil beträgt 5% [8].

Reihe. Das Verhältnis von loser Erde zu Erdanhang beträgt etwa 9 zu 1.

Maßnahmen zur Verringerung des Erdanteiles orientieren sich an Anbauverfahren mit möglichst geringer Bodenverdichtung (Controlled wheeling, Beetanbau, Fahrgassen), das Roden aus der unbefahrenen Gare, Rodeschare mit möglichst geringer Erdaufnahme und Reinigungseinrichtungen. Die Reinigung erfolgt in der Erntemaschine, zweckmäßigerweise durch eine zweiphasige Erdabscheidung von zuerst loser Erde und dann der an der Rübe anhaftenden Erde (Erdanhang). Für die erste Phase werden vor allem Hubräder, Siebsterne, Siebketten und in Kombination mit der Förderung doppelte Sätze von Siebscheibenwalzen und Reinigungssterne, für die zweite Phase

Doppelketten, Reinigungssterne, Siebscheibenwalzen, Wendelwalzen, Bürsten bzw. Bürstenschlegel verwendet (**Bild 2**).

Bei der verfahrenstechnischen Entwicklung ist die Tendenz zu Ernteverfahren ohne Blattbergung und zweiphasigen Verfahren zur Blatttrennung (Mulchen) und Köpfen vor allem bei mehrreihigen Erntemaschinen offensichtlich. Für die vorherrschenden Bestände mit großer Köpfhöhe werden zunehmend ungesteuerte Kufentaster und weniger Radstastköpfe eingesetzt [1].

Übergeordnete Tendenz ist die Vielfalt im technischen Angebot, um sich den einzelnen Anbau- und Erntebedingungen bestmöglich anzupassen und die Erntekosten weiter zu verringern.

12. Sonderkulturenernte

Allgemeines

Als Entwicklungsschwerpunkte haben sich im Bereich der Sonderkulturen herausgeschält: die Steilhangmechanisierung im Weinbau, die Baumstreifen- und Unterstockpflegegeräte im Obst- bzw. Weinbau, Pflanzgeräte für den Gemüsebau, der Gehölzeschnitt hauptsächlich im Weinbau, und der Einstieg in die Automatisierung bei der Ernte und Aufbereitung.

Steilhangmechanisierung im Weinbau

Der Steillagenweinbau profitiert in jüngster Zeit zunehmend von neuen, verfahrenstechnischen Lösungen zur Rationalisierung der Seilzugarbeit. Dabei geht der Trend hin zum Einmannverfahren ohne Restrisiko für eine allein auf sich gestellte Arbeitskraft und zum leichteren Umsetzen der Seilzugarbeitsgeräte von Rebzeile zu Rebzeile. Eine Arbeitskraft kann direkt vom Schlepper aus selbstlenkende Arbeitsgeräte einsetzen, die sich führerlos durch die Rebzeilen bewegen. Erste Ansätze dieses Konzepts liegen bereits mit einem selbstlenkenden Steillagenspritzgerät und -laub-schneider vor [1; 2]. Auch sind schon geeignete hydraulische Hubsysteme zum Umsetzen dieser Geräte durch eine Arbeitskraft entwickelt und das gleichmäßige, geschwindigkeits-kontrollierte Ablaufen von Seil und Gerät für den Winden-antrieb verwirklicht worden [1].

Bodenbearbeitung, Bodenpflege

Für Meliorationsmaßnahmen wurde ein neues Tieflockerungsgerät entwickelt, das nicht die Nachteile der klassischen Hublockerungsgeräte aufweist (Bild 1) [3; 4]. Dieses Meliorationsgerät arbeitet furchenlos nach dem Prinzip der nichtvermischenden Abbruchlockerung, kann fast unabhängig von der Bodenfeuchte eingesetzt und mit einer Tiefdüngungsanlage ausgerüstet werden. Wachsendes Umweltbewußtsein und Resistenz-erscheinungen einzelner Unkrautarten gegen bestimmte Herbizide machen die mechanischen Bodenbearbeitungsverfahren – Bodenlockerung

und Unkrautbekämpfung – in den Baum- und unter den Rebstockreihen wieder zu einer interessanten Alternative. Dabei geht die Tendenz weg von Geräten mit rotierenden Werkzeugen hin zu tastergesteuerten Flachscharräumern, die in einer Arbeitstiefe von 5-10 cm den Boden unterschneiden, Unkrautwurzeln durchtrennen und den Boden lockern [5 bis 7]. Häufig werden diese mechanischen Bodenbearbeitungsgeräte auch in Kombination mit Grasmulcharbeiten oder zusätzlich im Weinbau mit Stockputzgeräten eingesetzt [8].

Säen, Pflanzen

Außer geringfügiger Verbesserungen im Detail sind bei Einzelkornsäegeräten für Gemüsesäereien derzeit keine besonders auffällige, technische Neuerungen zu erwarten [9].

Die Anzuchtverfahren unter dem Sammelbegriff „Containerpflanzen“ haben zu einer Vielzahl von Neuentwicklungen auf dem Pflanzmaschinensektor geführt [9 bis 13]. Bei halb-automatisch arbeitenden Maschinen werden die einzelnen Pflanzen manuell in Magazine, Becherketten, Paternosterbänder oder Zuführbänder mit Selektoren eingelegt und automatisch an das eigentliche Pflanzelement übergeben. Bei voll-automatisch arbeitenden Pflanzmaschinen werden verkettete Containerpflanzen (Paperpots)

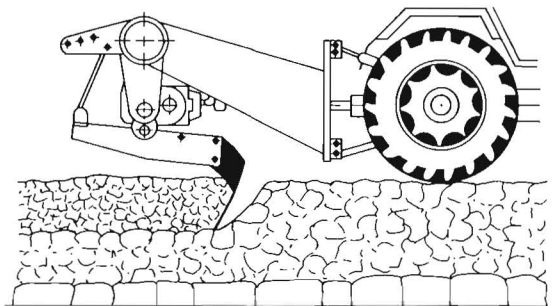


Bild 1: Mehrzweck-Meliorationsgerät zur nichtvermischenden Abbruchlockerung verdichteter Böden [3; 4].

oder wabenförmige Zellen) mechanisch getrennt oder durch Druckluft dem Container entnommen und dem Pflanzelement zugeführt [12]. Ungeeignete Pflanzen werden durch einen Infrarotsensor herausselektiert [13].

Mit dem Pflanzenband ist eine interessante Alternative zur Direktsaat entwickelt worden [10]. Samenkörner, die auf Spezialpapier aufgeklebt sind, daß sich Keimblätter und Wurzeln ungehindert entwickeln können, werden, zu einem Band aufgerollt, im Gewächshaus zum Keimen gebracht. Zum Auspflanzen wird die Bandrolle auf das Pflanzaggregat aufgelegt und beim Vorwärtzfahren automatisch abgerollt, mittels Pflanzenschar in den Boden gebracht und über Druckrollen fixiert.

Auch Spargel kann mechanisch gepflanzt werden, wie die weiterentwickelte Technik und die durchaus positiven Erfahrungen zeigen [14].

Pflanzenpflege

Bei den Laubarbeiten im Weinbau gibt es in den Teilbereichen „Maschinelles Ausbrechen und Laubschneiden“, mit Ausnahme der bereits erwähnten Entwicklung für den Steillagenweinbau, keine besonders erwähnenswerten Neu- oder Weiterentwicklungen [15].

Im Teilbereich „Maschinelles Heften“ scheint mit dem französischen Laubhefter, der mit herkömmlichen Heftdrähten arbeitet, diese über eine elektronische Steuereinrichtung aufnimmt, in die gewünschte Höhe bringt, vorspannt und die zuvor aufgerichteten Triebe fixiert, der Durchbruch für das maschinelle Heften zu gelingen [16].

Eine interessante Alternative, vor allem im Hangweinbau, sind in der Sparte „Gehölzeschnitt“ die elektrisch, mit tragbaren Akkus betriebenen Rebschnittanlagen, die ein freizügiges Begehen der Rebfläche ohne lange Schlauchleitungen erlauben [17; 18].

Speziell für Weinberganlagen mit Kordonerziehung und Zapfenschnitt sind Rebschnittgeräte

entwickelt worden, die frontseitig am Schlepper angebaut, beim Durchfahren der Rebzeile selbsttätig die Triebe erfassen, auf Zapfenlänge zurückschneiden und das Rebholz zerkleinern [17 bis 19].

Eine in Italien weiterentwickelte Folienlegemaschine zum teilmechanisierten Verlegen von Folientunnel macht das gleichzeitige Einbringen eines Tropfbewässerungsschlauches möglich [20; 21]. Die Bergung der Folie, das Einsammeln der Folientunnelunterkonstruktion (Drahtbügel) und das Auftrommeln des Tropfbewässerungsschlauches übernimmt ein neu konzipiertes Folienaufnahmegerät des gleichen Herstellers [20; 21].

Ernte von Obst

Bei den Ernteverfahren für Verwertungsobst, die nach dem Prinzip Schütteln – Auffangen arbeiten, kann das Erntegut alternativ zur Großkiste mit einem Überladeband direkt in einem schleppergezogenen Anhänger transportiert werden [22]. Überladeband, Schlepper und Anhänger bilden dabei eine separate Einheit. Um Beschädigungen der Früchte beim Fall auf den Hängerboden zu reduzieren, ist dieser mit einem Airbag ausgelegt (Bild 2). Für das spezielle Baum-Erziehungssystem „Lincoln-T“ wurde ein kontinuierlich arbeitendes, maschinelles Ernteverfahren für Tafelobst entwickelt, bei dem das Erntegut mit bürstenartig angeordneten, federbelasteten Aluminiumfingern vom Baum getrennt wird. [23]. Die erforderliche Federspannung kann dabei auf die jeweiligen Eigenschaften des zu erntenden Obstes abgestimmt werden.

In den USA und Japan wird intensiv an Ernterobotern für ausgewählte Intensivkulturen (Zitrus, Tomaten und Spargel) gearbeitet [24 bis 26]. Forschungsschwerpunkte sind dabei derzeit die Problemkreise Objekterkennung (Bild 3), Erkennen von Konturen und die elektronische Bildauswertung.

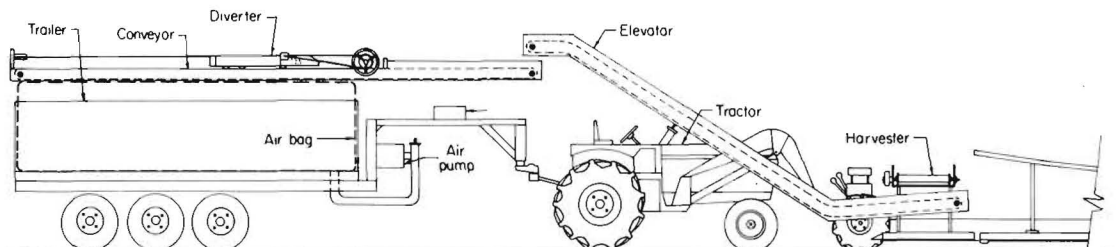


Bild 2: Sammel-, Lager- und Transporteinheit für maschinell geerntetes Verwertungsobst [22].

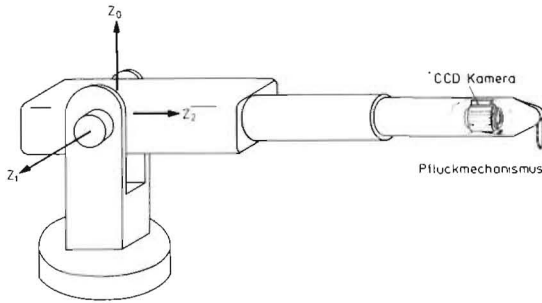


Bild 3: Ernteroboter mit visueller Objekterkennung [24].

Ernte von Gemüse

Bei der Erntetechnik für Gemüse sind, abgesehen von der bereits angesprochenen Entwicklung in Richtung Roboter, kaum Neuentwicklungen auszumachen. Erwähnenswert sind eine Bohnenpflückmaschine für den Frischmarkt [21] und ein Erntegerät für Chinakohl [27].

Als wesentliche Neuentwicklung ist ein Gerät zu bezeichnen, das in seiner Grundkonzeption aus einem Arbeits- und Transportfahrgestell, einem Ernte-, Feldverpackungs- und Gerätebalken sowie einer überdachten Transportwechselbrücke

als mobile Arbeits- und Transportplattform besteht [9]. Ein eingebauter mobiler Agrarcomputer programmiert, kontrolliert, erfasst und automatisiert die Fahr- und Arbeitsfunktionen. Mit einer zusätzlich einsetzbaren Laser-Steuerung kann das Arbeitsgerät exakt an einer vertikalen Richtstrahlebene automatisch geradeaus geführt werden.

Ernte von Trauben

Bei Traubenerntemaschinen kann nicht über grundlegende Neuentwicklungen berichtet werden. Die Mehrzwecknutzung bei Selbstfahrern hat sich ausgeweitet [16; 28]. Der Einsatz solcher Geräte bleibt nicht allein auf die eigentliche Traubenlese beschränkt, sondern auch Bodenbearbeitungs-, Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen lassen sich damit durchführen.

Aufbereitung von Sonderkulturen

Beim Sortieren bestimmter Intensivkulturen steht die Abkehr von der subjektiven zur objektiven Auswahl im Vordergrund. Auch hier beginnt die High-Tech und Optoelektronik Einzug zu halten [29].

13. Landwirtschaftliches Bauen

Allgemeines

Wirtschaftsgebäude, bauliche Anlagen und baulich-technische Einrichtungen stellen weithin eine unabdingbare Voraussetzung für eine funktionsfähige Landwirtschaft dar. Dies gilt nicht zuletzt für die bundesdeutsche Landwirtschaft, die etwa 70% ihrer Verkaufserlöse aus der Nutztierhaltung gewinnt [1; 2]. Die landwirtschaftlichen Wirtschaftsgebäude im Bundesgebiet sind durchschnittlich älter als 50 Jahre [3]. Bauliche Ersatz- und Rationalisierungsmaßnahmen sind deshalb trotz ungünstiger Markt- und Einkommensaussichten unabweisbar, um Kosten, die allein in Milliardenhöhe durch baubedingte Unfälle und Tierverluste entstehen, zu senken und steigenden Anforderungen an Arbeits-, Tier- und Umweltschutz gerecht zu werden [4; 5]. Obschon die baulichen Investitionen 1986 und 1987 je nach Betriebsform etwa 25 bis 30% der jährlichen Bruttoinvestitionen landwirtschaftlicher Betriebe beanspruchten, sank das bauliche Anlagevermögen je Vieheinheit (VE) auf etwa 1/4 des Wertes sparsam errichteter Neubauten ab (6; 7).

Bei eingeschränkter Investitionsfähigkeit sind deshalb Konzeptionen gefragt, welche die Effizienz vorhandener Altgebäude sowie noch möglicher Neubauinvestitionen durch spezifische, auf die unterschiedlichen Entwicklungsmöglichkeiten der Betriebe angepaßte Lösungen verbessern. Dank neuerer bau- und haltungstechnischer Erkenntnisse sowie dem Einsatz der Elektronik ist dabei zunehmend eine Auflösung der bislang aus Gründen der Arbeits- und Kapitalproduktivität bevorzugten „Stallmaschinen“ in Richtung einfacher, gleichwohl funktionsdifferenzierter und EDV-kontrollierter Laufstallhaltungen zu beobachten [7 bis 9]. Zum anderen nehmen rechtliche Rahmenbedingungen, insbesondere Umwelt- und Tierschutzrecht, zunehmend Einfluß auf das landwirtschaftliche Bauen.

Grundlagen des landwirtschaftlichen Bauens

Zur Kosteneinsparung können unter anderem selbsthilfegerechte Holzkonstruktionen wie die Boxenständerkonstruktion [13] und der Mastenbau [14] beitragen. Entsprechend den speziellen Anforderungen an und den Belastungen der raumschließenden Bauteile von Tierställen sind bei den unterschiedlichen Konstruktionsarten die Grundsätze von Feuchte- und Wärmeschutz sowie die Eignung einzelner Baustoffe und Baustoffaggregationen besonders zu beachten [15; 16]. Dächer erfüllen nicht nur entscheidende Schutzfunktionen, sondern nehmen mit ihren Formen und den verwendeten Materialien wesentlichen Einfluß auf das Erscheinungsbild landwirtschaftlicher Gebäude in Dorf und Landschaft. Besondere Bedeutung kommt dabei einer funktionsgerechten, kostensparenden Sanierung alter Dächer zu [17 bis 19].

Von Gebäuden in der Landwirtschaft wird gefordert, daß sie neben dem Schutz von Mensch, Tier, Lagergut, Geräten und Maschinen vor äußeren Einwirkungen auch bestimmte raumklimatische Bedingungen erfüllen. Die daraus abzuleitenden bauphysikalischen und raumklimatischen Anforderungen an die Gebäude, Bauteile und technischen Einrichtungen ergeben sich aus den Erfordernissen zur Einkommenssicherung landwirtschaftlicher Betriebe, der Reduzierung des Energiebedarfs und Kapitaleinsatzes für bauliche Investitionen sowie aus Gründen des Bauten-, Umwelt-, Landschafts-, Arbeits- und Tierschutzes. Dem gegenüber stehen die Beanspruchungen der Gebäude und Bauteile. Dabei sind die von der Gebäudenutzung abhängigen raumklimatischen Beanspruchungen von besonderer Bedeutung, denn sie beeinflussen den Wärme- und Feuchteschutz der Gebäude und Bauteile. Bei der Planung, Konstruktion und Ausführung von Bauten für die Landwirtschaft sind diese

Fakten ebenso zu beachten, wie die einschlägigen Normen, Richtlinien oder sonstigen Bauvorschriften [20 bis 27].

Die Anforderungen an die Planung funktionsgerechter landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebüdesysteme wachsen mit der Vielfalt bau- und haltungstechnischer Lösungsmöglichkeiten, zunehmender rechtlicher Auflagen und dem Zwang, Kosten einzusparen. Zur Bewältigung dieser Anforderungen werden methodische Beiträge für systematische Bauplanungen, nicht zuletzt Umbauplanungen, vorgeschlagen [28 bis 31].

Zur Beurteilung von Investitionsbedarf und gebäudebedingten Jahreskosten unterschiedlicher baulicher Lösungen wurde die ILB-Kostenblockmethode durch systematische, EDV-gerechte Elementierung einzelner Bauteile auf der Basis abgerechneter Baumaßnahmen so weiterentwickelt, daß eine verbesserte Gewinnung von Einzeldaten, insbesondere auch für die Abschätzung des Kapitalbedarfs bei Umbaumaßnahmen sowie ein erleichterter Datenaustausch möglich wird [32]. Die Methode KALBAU versucht hingegen auf der Basis von Arbeitszeit- und Materialbedarf den baulichen Investitionsbedarf zu kalkulieren [33]. Mit einer umfassenden Beurteilung aller derzeit wesentlichen Haltungssysteme für die Milchviehhaltung würde ein methodischer Beitrag zur interdisziplinären Bewertung bau- und haltungstechnischer Lösungen vorgelegt [34 bis 36]. Darüber hinaus wurden Grundlagen für Planung und Bau von Schweineställen erarbeitet [37; 38].

Das landwirtschaftliche Bauen ist in seiner Planung und Durchführung und in seinem Bestand auch von rechtlichen Regelungen (Gesetzen i.w.S., Verwaltungsvorschriften, technischem Regelwerk) abhängig. Der noch nicht abgeschlossene Strukturwandel fällt in eine Zeit, die durch neue gesellschaftliche Herausforderungen (einfacheres, mehr auf die Ortsnennbereiche zielendes Baurecht, mehr Arten- und Landschaftsschutz, Minimierung von Schadstofffrachten bei Straßen, Flüssen, Böden und Luft) gekennzeichnet sind. Entsprechende gesetzgeberische und administrative Aktivitäten wie BauGB, Novellierung zum WHG, TA-Luft (neue Fassung) mußten kommentiert und dem landwirtschaftlichen Anwenderkreis [39] bewußt gemacht werden.

Eine Schlüsselfrage der Zuordnung und Anwendung des Bauplanungsrechts und anderer Gebiete ist die nach der treffenden Legaldefinition von „Landwirtschaft“, die in modernem Erwartungshorizont Bestand verspricht [40]. Acker- und

Grünlandbau, aber auch Viehhaltung, Gartenbau [41] und dienstleistende Landschaftspflege sollten gemeint und zu erkennen sein. Ein ganzes Bündel von Restriktionen aus vielerlei Rechtsquellen stellt das Umweltrecht [39; 42] für die Landwirtschaft im Inland und im benachbarten Ausland dar. Nationale und europäische technische Normen zielen auf das Bauen, aber stärker noch auf die Produktionsstufen davor (Herstellung und Vertrieb von Baustoffen und Bau[fertig]teilen), zugleich aber auch auf Arbeits- und Bautenschutz [43].

Die Zweckmäßigkeit des Maschineneinsatzes in der Hof- und Viehwirtschaft wird in entscheidendem Maße von ausreichenden Hofstellengrößen, den den Produktions- und Haltungsverfahren angepaßten Gebäuden und baulichen Anlagen sowie der Lage der Hofstellen innerhalb des Ortsgefüges beeinflusst. Auch der Immissionsschutz hinsichtlich der sich notwendigen verstärkenden Wohnfunktion der Dörfer kann entscheidend sein bei der Wahl von Haltungsverfahren sowie für bestimmte Bauweisen und Techniken oder gar Produktionsbeschränkungen. Bei größer werdenden und intensiv produzierenden Betrieben

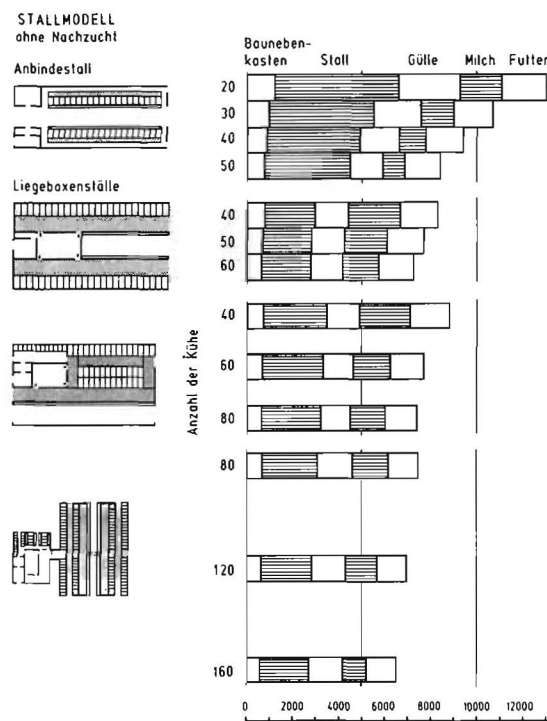


Bild 1: Investitionsbedarf von Milchviehställen (Neubaupreise 1985).

verstärken sich die Wechselwirkungen zwischen Mechanisierung, Hofstandort und Dorfentwicklung. Sicherheit für wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten vorhandener Bausubstanz und baulich-technischer Neuinvestitionen sollte daher im Verbund mit der Dorfentwicklung angestrebt werden. Hierzu wurden, von praktischen Verhältnissen ausgehend, methodische Vorarbeiten geleistet [44; 45; 48; 49].

Ferner wurden Teilbereiche aus dem Abhängigkeitsverhältnis der Betriebsentwicklung von der Kommunalentwicklung untersucht und Vorschläge für planerische wie für praktische Maßnahmen daraus abgeleitet [46; 49; 50].

Daß technische und wirtschaftliche Zweckmäßigkeiten nicht isoliert sondern in Verbindung mit anderen Bereichen der Dorfentwicklung zu beurteilen sind, zeigen städtebauliche, architektonische sowie grünplanerische Untersuchungen und Darstellungen [51 bis 54].

Die Produktions- und Arbeitsbedingungen sind in vielen landwirtschaftlichen Betrieben durch hohe Arbeitsbelastungen, starke Arbeitszeitbindung und, daraus resultierend, ein überproportional hohes Unfallrisiko gekennzeichnet. Nahezu 120 000 von jährlich etwa 200 000 landwirtschaftlichen Arbeitsunfällen ereignen sich in der Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe, davon etwa 1/5 unmittelbar durch Tiere, 2/5 durch Sturz- und Fallunfälle in Verbindung mit Wirtschaftsgebäuden und baulichen Anlagen sowie 1/5 mit Maschinen und Geräten innerhalb der Hofstelle [55]. Für die Rindviehhaltung wurden die wesentlichsten Unfallursachen analysiert und bauliche sowie haltungstechnische Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet [5]. Diese Untersuchungen wurden auch für den Bereich der übrigen EG-Staaten mit dem Ziel durchgeführt, einen Beitrag zur Festlegung von Mindestkriterien zur Arbeitssicherheit in Gebäuden und baulichen Anlagen zu leisten [56 bis 58].

Ausgewählte landwirtschaftliche Betriebsgebäude und bauliche Anlagen

Rindviehhaltung – Im Rahmen einer umfassenden Untersuchung wurden alle derzeit als vergleichsweise günstig beurteilten Systeme der Milchviehhaltung u. a. bezüglich der baulichen Kriterien Investitionsbedarf, Jahreskosten, Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit sowie Selbsthilfeeignung untersucht. Abgesehen von Beständen bis etwa 30 Kühe erwiesen sich dabei sparsam errichtete Boxenlaufställe – für

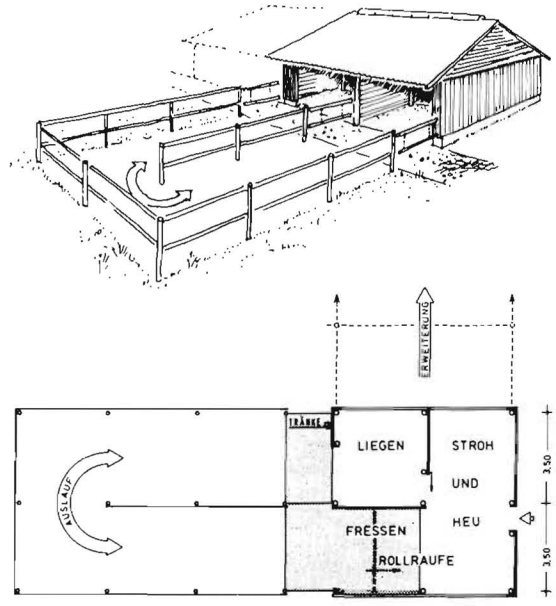


Bild 2: Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung mit Vorratsfütterung in Holzmastenbauart (DIN 18 900).

kleinere, noch entwicklungsfähige Bestände der Doppeleinreih, ab 60 Kühe der Dreireih und ab 100 Kühe der Vierreih – jeweils als die günstigsten Stallformen (Bild 1) [34; 35; 59].

Nachdem Kostendegressionen durch Bestandsaufstockungen seit Einführung der Milchquote kaum mehr genutzt werden können, werden Sparlösungen für kleine Milchviehställe möglichst unter Nutzung vorhandener Altgebäude besonders gesucht [60]. Dies wird durch die Entwicklung kleiner, z. T. mobiler Melkstände für Stall und Weide erleichtert [61; 62].

Bei der Kälberaufzucht haben sich Kälberhütten oder ungedämmte Kälberställe mit Traufen-Firstlüftung bewährt [63], bei der Jungviehaufzucht und Bullenmast wirken sich im Liegebereich gummierte Spaltenböden positiv aus [64].

Schweinehaltung – Grundlagen zum Bau von Schweineställen wurden unter bauplanerischen und bauökonomischen Gesichtspunkten sowie unter Berücksichtigung von Tier- und Umweltschutz erarbeitet [28; 29; 38; 65]. Im Hinblick auf erwartete Tierschutzregelungen, wonach Zucht-sauen nach dem Absetzen für einige Zeit freie Bewegung zu ermöglichen ist, wird dem sogenannten Wartestall, zumal in Verbindung mit der Abruffütterung, erhöhtes Interesse gewidmet. Hierzu werden u. a. Ergebnisse von Wahlversuchen unter besonderer Berücksichtigung

von Klima und Fußbodengestaltung beschrieben [66; 67].

In der Geflügelhaltung zielen die bau- und haltungstechnischen Weiterentwicklungen schwerpunktmäßig auf die Frage, inwieweit die Käfighaltung zugunsten der Tiere zu verbessern oder aber durch tiergerechtere Alternativen wie Volieren- bzw. Doppeletagen-Haltung zu ersetzen ist [68; 69].

Die Pferdehaltung gewinnt insbesondere in Form der Pensionspferdehaltung für die Freizeitreiterei zunehmend an Interesse. Eine weitere Ausbreitung wird – abgesehen von den Kosten – von der strengen Zeitbindung begrenzt, welche die herkömmliche Boxenhaltung erfordert. Zur Überwindung dieser Begrenzung wurde u. a. die Mehrraum-Gruppenauslaufhaltung mit individueller Vorratsfütterung von Grund- und Kraftfutter entwickelt, die sich als besonders tier- und betreuungsgerecht sowie kostensparend, zumal in Verbindung mit landwirtschaftlichen Altgebäuden zeigt (**Bild 2**) [70 bis 72].

Die Schafhaltung gewinnt wieder zunehmend an Interesse, insbesondere in Verbindung mit

Nebenerwerbslandwirtschaft und Landschafts-offenhaltung. Für den Bau und für die Einrichtung von Schafställen wurden bau- und haltungstechnische Leitsätze entwickelt [73].

Futter-/Güllelagerung – Zur Vermeidung von Nährstoffverlusten und Umweltschäden sind die Anforderungen an die Silage- und besonders auch an die Güllelagerung gestiegen. Güllerverordnungen bzw. -richtlinien begrenzen zudem die Gülleausbringzeit und erfordern von da her in vielen Betrieben eine Erhöhung der Lagerkapazität. Funktionsgerechte und kostensparende Bauweisen sind deshalb gefragt [74 bis 79].

Hof- und Feldwegebefestigung – Durch die Erhöhung der Transportgewichte und z. T. auch der Fahrgeschwindigkeit haben sich die technischen Anforderungen an Hof- und Feldwegebefestigungen erhöht. Zugleich sind aber auch die Ansprüche an ihre Gestaltung wie an ihre Wirtschaftlichkeit gewachsen [80].

Gewächshäuser beanspruchen in Gartenbau-betrieben erhebliche Investitionen wie Betriebskosten. Neuere Entwicklungen u. a. im Bau von Foliengewächshäusern ermöglichen Kapital- wie Kosteneinsparungen [81; 82].

14. Technik in der Rindviehhaltung

Allgemeines

Technische Hilfsmittel für die Rindviehhaltung spielten früher, abgesehen von Melktechnik und Milchbehandlung sowie Fördertechniken, im Hinblick auf ingenieurwissenschaftliche Bearbeitung nur eine untergeordnete Rolle [1; 2], sie zählten kaum zur klassischen Landtechnik. Inzwischen nehmen Forschung und Weiterentwicklung der Technik für die Nutztierhaltung einen sehr breiten Raum ein, so daß der Kenntnisstand umfassend erweitert wurde [3; 4] und vielfältige technische Hilfsmittel heute zum Standard zählen.

Dieser Wandel und die heutige große Bedeutung der Mechanisierung auch in der Rindviehhaltung erklärt sich durch die Tatsache, daß in der Bundesrepublik Deutschland 46% der gesamten Verkaufserlöse der Landwirtschaft (das sind rund 25 Mrd. DM/Jahr) aus den Betriebszweigen Milchviehhaltung (mit 28% der bei weitem höchste Anteil!) und Rinderfleischerzeugung (18%) erwirtschaftet werden [5].

Allerdings liegen nur ungünstige Voraussetzungen für hochmechanisierte Verfahrenstechniken vor, da sich die einzelbetriebliche Haltung vorwiegend auf nur kleine Produktionseinheiten abstützt. In den 450.000 Betrieben der Bundesrepublik Deutschland mit Rindviehhaltung sind es im Mittel nur 35 Rinder je Betrieb, und die 362.000 Betriebe mit Milchkühen haben je Betrieb im Mittel nur 15,3 Kühe [6]. Etwa 38% aller Kühe stehen heute noch in Beständen unter 20 Kühen!

Einrichtungstechnik

Die Haltung von gut 5 Mio. Kühen, die insgesamt etwa 24 Mio. t Milch/Jahr erzeugen [5], erfolgt vorwiegend in teilmechanisierten Anbindeställen, schätzungsweise nur 5% aller Milchviehhalter wenden hochtechnisierte Haltungsverfahren im Laufstall an. An die Einrichtungstechnik sowohl des Anbinde- als auch des Laufstalles

werden aufgrund vielfältiger wissenschaftlicher Untersuchungen zunehmend höhere Anforderungen gestellt, um den Wechselbeziehungen zwischen Tier und technischer Umwelt besser gerecht zu werden (tiergerechte Haltung und Tierschutz). Aus einer Fülle von inzwischen erarbeiteten Grundkenntnissen über die Anforderungen an die Stallumwelt [7] können nur einige wenige Beispiele genannt werden. So müssen die Anbindevorrichtungen (Vertikal-Horizontal- und Halsrahmenanbindung) im Anbindestall 60 cm Spiel in Standlängsachse auf der Höhe der Krippenrückwand erlauben, um den Kühen ein uneingeschränktes Aufstehen und Abliegen zu ermöglichen [8]. Für die Standabtrennungen werden in der DIN 11843 entsprechende Maße festgelegt [9].

Die Standabmessungen müssen herdenspezifisch ausgelegt werden, da die Beziehungen zwischen den jeweiligen Körpermaßen und den erforderlichen Liegelängen und -breiten zu berücksichtigen sind [7; 10]. Aus der Widerristhöhe errechnet sich die Standbreite ($0,85 \times Wh$), aus der schrägen Rumpflänge die Standlänge ($0,922 \times Rs + 20$). Zur Sauberhaltung der großzügig bemessenen Standflächen sind Kuhtraineranlagen oder gekrüpfte Schulterbügel erforderlich. Die gleichen Grundlagen zur Liegeflächenberechnung werden auch bei der Dimensionierung der Liegeboxen für Laufställe herangezogen, allerdings zuzüglich 50 cm Raum für den Kopfschwung [11]. Bewegliche Nackenriegel können als Steuerungseinrichtung die Kühe nach dem Aufstehen aus der Liegeboxe zurückdrängen, damit der Kot auf dem Laufgang abgesetzt wird (Bild 1).

Über die notwendigen Bewegungsflächen im Laufstall entsprechend dem Lokomotionsverhalten der Kühe liegen vielfältige Untersuchungsergebnisse vor [12 bis 20]. Gänge im Freßbereich sollen mindestens 3,3 m breit angelegt sein, zwischen den Liegeboxen 2,5 m [21]. Ähnlich wie Gitterroste im Anbindestand sind Beton-Spalten-

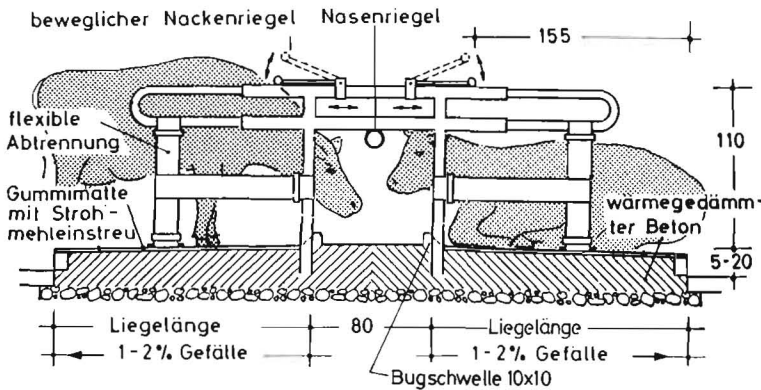


Bild 1: Beispiel einer tiergerechten Einrichtung: Doppelliegeboxe mit beweglichem Nackenholm und Gurtabtrennung (Maße in cm; Liegelänge je nach Tiergröße).

böden als Fußbodenbelag in den Laufgängen des Liegeboxenstalles heute als Standard anzusehen, da die schnelle Harnableitung sehr vorteilhaft ist. Die Spaltenroste sind genormt [22], eine Schlitzweite von 30 mm wäre für Kühe zweckmäßig [23]. An die technische Ausführung der Versorgungseinrichtungen (wie Krippen, Tränken) werden ebenfalls hohe Anforderungen gestellt [7; 24].

Mechanisierungsverfahren

Die Mechanisierungsverfahren der Milchviehhaltung teilt man innerhalb der Haltungssysteme zweckmäßig nach den einzelnen Funktionsbereichen entsprechend ihrem jeweiligen Arbeitsumfang ein [25; 26].

Haltungssystem:	Anbindestall	Laufstall
APH/Kuh und Jahr etwa	100-50	60-40
Melken	56%	72%
Füttern	32%	24%
Entmisten und Einstreuen	10%	2%
Sonderarbeiten	2%	2%

Den Hauptanteil aller Arbeitsgänge für die Milchviehhaltung nimmt also bei weitem das Melken ein, während demgegenüber die Fütterungs- und Entmistungsarbeiten in ihrer Bedeutung zurücktreten.

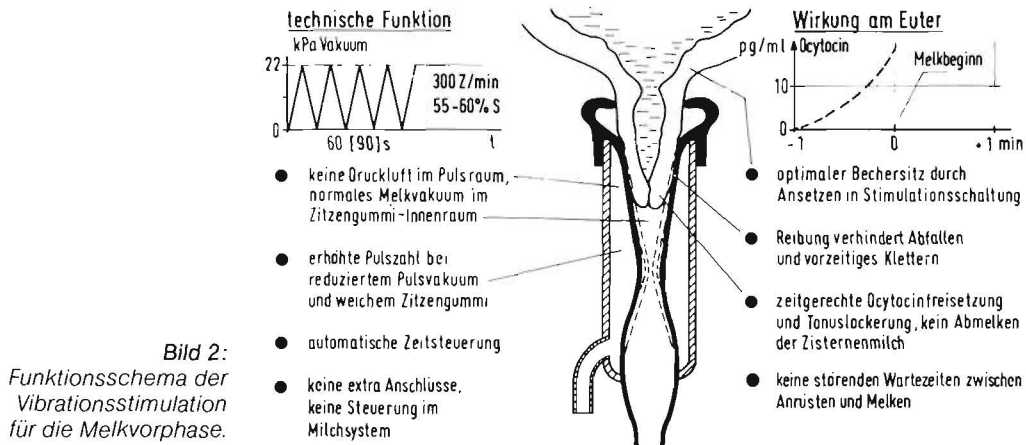
Melken

Der maschinelle Milchentzug hat inzwischen einen sehr hohen Entwicklungsstand erreicht [27; 28]. Grundvoraussetzung für eine optimale

Funktion der Anlage ist ihre normgerechte Ausführung [29]; ausreichende Förderleistungen der Vakuumpumpe, entsprechende Rohrquerschnitte sowie die Regelung durch servogesteuerte Ventile sorgen für weitgehend konstante Vakuumbedingungen im Rohrleitungssystem. Elektronisch gesteuerte Pulsatoren werden wegen wichtiger Vorteile stärker bevorzugt als pneumatisch gesteuerte. In Anbindeställen verlieren Eimermelkanlagen zu Gunsten hochverlegter Rohrmelkanlagen ständig an Bedeutung; in Laufställen werden vorwiegend Fischgrätenmelkstände mit tiefverlegter Melkleitung und seit einiger Zeit ohne Kraftfutterfütterung eingesetzt. Neu hinzugekommen ist ein automatisch gesteuerter Tandem-Melkstand [28]. Unabhängig von diesen verschiedenen Anlagentypen muß der maschinelle Milchentzug in erster Linie biologisch optimal, d. h. möglichst vollständig, schonend und zügig, erfolgen. Aber auch arbeitswirtschaftliche Aspekte sind von großer Bedeutung. Daraus ergibt sich die Forderung, den Melkablauf möglichst tiergerecht zu mechanisieren [30 bis 32]. Dabei sind drei Zeitabschnitte zu unterscheiden:

1. Vor Melkbeginn ist in der Vorphase die Melkbereitschaft sicherzustellen
2. in der Hauptphase muß ein möglichst hoher Prozentsatz der ermelkbaren Milch gewonnen werden, und
3. die Nachphase hat ein schonendes Ausmelken zum Ziel.

Zwischen Stimulationsdauer und Milchejektion bestehen logarithmische Beziehungen [33], wo-



bei nach heutiger Kenntnis 60 s einen gangbaren Kompromiß zwischen Zeitaufwand und Erfolg darstellen. Als erstes Verfahren ist die heute vorwiegend in der DDR eingesetzte Druckluftstimulation [34] zu nennen; Versuche mit der einfacheren Intervall-Druckluftstimulation [35] werden derzeit nicht weitergeführt. Den letzten Entwicklungsstand stellt die Vibrationspulsierung (Bild 2) dar, die eine vollwertige, d.h. dem einminütigen Anrücken von Hand vergleichbare Vorstimulation mit dem Melkzeug gewährleistet [36 bis 38].

Das Verfahren ist mit elektronisch wie auch pneumatisch gesteuerten Pulsatoren einfach zu verwirklichen, in Verbindung mit nahezu allen Melkzeugen einsetzbar und dürfte sich auch aus arbeitswirtschaftlichen Gründen rasch verbreiten.

Die Qualität der Melkarbeit in der Hauptphase hängt letztlich von der Vakuumapplikation im Melkzeug ab; d.h. Vakuumverlauf und Bewegung der Zitzengummis müssen kontrolliert sein [39; 40]. Da die Zitzengummibewegung über Druckdifferenzen erfolgt, liegt das Problem auf der Vakuumseite, wobei hydrodynamische Druckverluste und Vakuumschwankungen zu nennen sind [41 bis 43]. Erstere sind bei tiefverlegter Melkleitung geringer als bei hochverlegter. Zukunftsweisende Lösungen sind aber an neue Melkeinheiten gebunden, die verstärkt Eingang in die Praxis finden. Zu nennen sind „Trennung von Milch und Luft“, „periodischer Lufteinlaß“ und „periodische Sammelstückbelüftung“ [44]. Alle Verfahren gestatten die Applikation einer biotechnisch vorteilhaften Vakuumhöhe von nur etwa 40 kPa [45], unterscheiden sich aber insbesondere hinsichtlich der zirkulatorischen Entlastung. Über diese hinausgehende Lösungen zur Verbesserung der Hauptmelkphase betreffen die

Steuerung der Vakuumapplikation entsprechend dem Milchabgabeverhalten [46] sowie eine vermehrte Reizsetzung („Stimulation“) während des Melkens [47], sind aber – wie auch optimierte Zitzengummi [48] – noch im Forschungsstadium.

Der Beginn der Nachphase wird durch einen Schwellenwert von 200 g Milchfluß/min gekennzeichnet, obwohl dessen Beziehung zum Ausmelkgrad fragwürdig ist [49] und über indikatorbedingte Verzögerungszeiten weiter verfälscht wird [50]. Blindmelken kann durch Milchflußanzeiger sowie Pulsabschaltung wirkungsvoll unterbunden werden. Eine automatische Melkzeugabnahme verdient für Melkstände – in Verbindung mit Ausmelkhilfen [51] – zunehmende Beachtung.

Eine Automatisierung des Melkprozesses würde vielfältige Vorteile mit sich bringen [52 bis 54]. Daher werden Ansetzroboter zum Melken in der Kraffutterstation derzeit intensiv untersucht [55]. Probleme bereiten Euterreinigung und Ansetzen; auch nach deren Lösung dürften aber zunächst Einbußen bei der Qualität der Melkarbeit unvermeidlich sind.

Für die Verbesserung des Herdenmanagements und der tierindividuellen Kraffutterdosierung ist eine kontinuierliche Milchmengen- erfassung unerlässlich. Denn die Leistungsüberwachung wird derzeit nur monatlich durch Kontrollverbände durchgeführt. Die auf dem Markt angebotenen Milchmengenmesser müssen leider Richtlinien genügen, die bislang wenig auf eine betriebsinterne, laufende Messung abgestimmt sind [55] und daher hohe Kosten verursachen. Stationäre und insbesondere mobile Einheiten sind noch verbesserungsbedürftig.

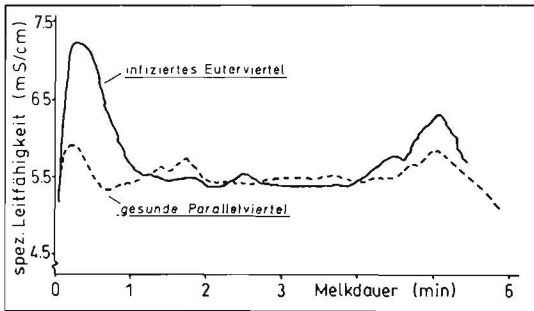


Bild 3: Spezifische Leitfähigkeit von Viertelgemelken; schematisch nach [57].

Mit heutiger Melktechnik läßt sich sowohl hinsichtlich Zellgehalt als auch Keimbelastung eine einwandfreie Milch gewinnen [56]. Die praktische Einführung einer kontinuierlichen Überwachung der Eutergesundheit durch Messung der spezifischen Leitfähigkeit der Milch [57 bis 59] ist an eine Vierteltrennung gebunden, die derzeit nur mit periodischem Lufteinlaß technisch vorteilhaft zu verwirklichen ist (**Bild 3**).

Zur Lagerung der Milch dienen in erster Linie Kühlbehälter mit Direktverdampfung und zunehmend auch mit automatischer Reinigung. Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung sind weitgehend als Standard anzusehen [60]. Aus Montage- und Wartungsgründen werden heute auch Einheiten als Kompaktanlagen angeboten.

Füttern

Für die Mechanisierung der Fütterungsarbeiten sind Arbeitszeitverkürzungen, Arbeitserleichterungen bei der Bewältigung der großen Futtermengen und Freistellung von festen Arbeitsterminen maßgebend. Aber auch ernährungsphysiologische Forderungen rücken mehr in den Vordergrund, um bei dem hohen Kostenanteil der Fütterungsaufwendungen an der Milch- und Fleischproduktion von mehr als 50% einen ökonomischen Einsatz aller in der Ration enthaltenen Grund- und Kraffuttermittel zu unterstützen [61 bis 68].

Bei der Mechanisierung der Fütterung von Grundfutter ist vorwiegend die Silage zu berücksichtigen: Entnahme aus dem Silobehälter (rund 60% des Aufwandes), Transport in den Stall und Vorlage an die Tiere. Zur Entnahme von Grassilage aus Hochsilos sind Portalkrananlagen mit Hydraulik-Greifern leistungsfähige Geräte, jedoch für Maissilagen wegen der Anlockerung der Silooberfläche und der Gefahr von Nachgärun-

gen weniger geeignet [69; 70]. Zwar erfordern Greiferanlagen hohe bauliche und gerätetechnische Investitionen; sie werden aber universell auch zur Befüllung der Silos und zur Ein- und Auslagerung von Heu eingesetzt [71; 72]. Zur Anpassung an Altgebäude werden unterschiedliche Konstruktionen von Spezialfirmen angeboten. Als spezielle Hochsilonentnahmegeräte erbringen Fräsen, heute nahezu ausschließlich als Obenentnahmefräsen, in Maissilage hohe Durchsatzleistungen. In Grassilage werden dagegen, vor allem in Abhängigkeit von der Futterstruktur, nur geringere Entnahmeleistungen erreicht [73 bis 77]. Der pneumatische Austrag, insbesondere über Saugdruckgebläse, ermöglicht den Verzicht auf ein Lukenband und eine leichtere Handhabung der Fräsen, erfordert aber einen deutlich höheren Leistungsbedarf als energiesparende, mechanische Förderelemente [78]. Da Hochsilos für die Grundfutterkonservierung infolge hoher Kosten an Bedeutung verloren haben, fand hierfür in den vergangenen Jahren kaum noch eine Weiterentwicklung der Entnahmetechniken statt.

Im Vordergrund stehen heute Flachsilobehälter und zugeordnete mobile Techniken. Die früher zur Entnahme sehr häufig eingesetzten Front- und Radlager sind wegen der Anlockerung des Futterstockes (Silagestabilität) nur bei täglich großen Entnahmemengen vertretbar [79]. Wegen hoher Funktionssicherheit und Leistungsfähigkeit in allen Silagearten werden heute Blockschneider mit Fassungsvermögen von 0,6 – 2,4 m³ bevorzugt [80; 81]. Die glatten Anschnittflächen und die kompakten Blöcke ermöglichen die Entnahme auf Vorrat (Absetzen auf Futtertisch), wobei im Standardverfahren die Futterverteilung von Hand vorgenommen werden muß. Eine Vollmechanisierung wird bei größeren Futtermengen durch die Kombination mit aufgesetzten Verteileinrichtungen erreicht, die während der Durchfahrt über den Futtertisch den Trog befüllen. Wegen des nun höheren Geräteeingewichtes wird aber ein noch hubstärkerer Schlepper notwendig. Auch die Anbaugeräte mit Silokamm bzw. messerbesetztem Räumschild ermöglichen die Vollmechanisierung für Maissilage und kurzgeschnittene Grassilage [82]. Wegen ihrer geringeren Fassungsvermögen ergeben sich nur niedrige Verfahrsleistungen. Flachsilofräsen als einseitige Ladegeräte haben kaum noch Bedeutung, sie sind nur noch als selbstfahrende Einheiten mit Elektroantrieb verfügbar, vor allem zur Entnahme von Maissilage. Da bei ihnen immer ein Transportgerät nachgeschaltet werden muß, hat sich

wegen der geringeren Rüstzeiten die Entwicklung eindeutig zu kombinierten Fräswagen bzw. Fräsmischwagen verlagert. Die hierbei bislang generell verwendeten Fräswerkzeuge in Form von messerbesetzten Frästrommeln bringen in Maissilage sehr hohe Entnahmeleistungen, in Grassilage dagegen vor allem bei längerer Halmstruktur kein befriedigendes Arbeitsergebnis [78].

Für heute vorherrschend vielseitige Grundfütterationen (Grassilage, Maissilage, Heu und u. U. Kraftfutter) bietet der Futtermischwagen die Möglichkeit, alle Rationsbestandteile zu vermengen und auf einmal – auch auf Vorrat – vorzulegen [83]. Dadurch wird die Selektion bevorzugter Bestandteile vermieden, stets eine ernährungsphysiologisch erwünschte gleichmäßige Rationszusammensetzung gewährleistet und zudem oft eine vermehrte Grundfutteraufnahme erzielt [84 bis 90]. Die in den Mischwagen eingebauten Mischtechniken stellen unterschiedliche Anforderungen an die Futterstruktur [91]. Generell steigt der Leistungsbedarf mit zunehmendem Anteil an längerem Halmgut, wobei sich die neu entwickelten Messereinsätze an den Mischwerkzeugen positiv auswirken.

Alle diese Fütterungstechniken dienen vorwiegend der Arbeitserleichterung, aber auch der Arbeitszeiteinsparung. So kann der Arbeitsaufwand in der Milchviehhaltung, ausgehend von der Handarbeitsstufe mit 8 bis 10 AKh pro Tier und Winterfütterungsperiode, bereits durch das teilmechanisierte Verfahren mit dem Blockschneider um mehr als die Hälfte reduziert werden; weitergehende Mechanisierungsstufen bewirken zusätzlich nur noch Einsparungen von 1 bis 2 AKh (Bild 4).

Die technischen Hilfsmittel für die Kraftfutterfütterung werden in erster Linie von den Forderungen einer exakten tierindividuellen Futterzuteilung und von der Berücksichtigung ernährungsphysiologischer Zusammenhänge beeinflusst. Dabei wird mit zunehmender Tierleistung vor allem eine häufigere Fütterungsfrequenz verlangt, die als Konsequenz eine Automatisierung der Kraftfuttergabe bedingt [92; 93]. Sie ist im Anbindestall über stationäre Anlagen oder schienengeführte Dosierwagen möglich [94]. Beide Systeme werden über eine Zeitschaltuhr gesteuert, so daß ohne manuellen Eingriff beliebig häufige Futterzeiten gewählt werden können.

Stationär eingebaute Anlagen mit zentraler Futteraufgabereinrichtung und Befülleitung erfordern an jedem Tierplatz eine Dosiereinheit.

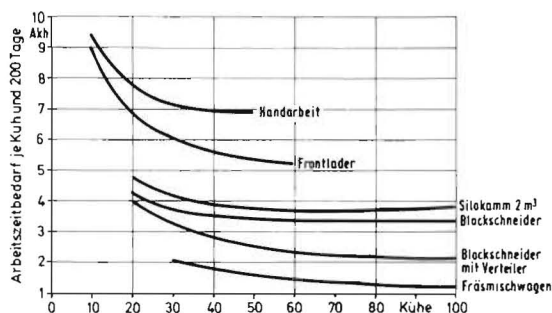


Bild 4: Arbeitszeitbedarf verschiedener Fütterungsverfahren aus Flachsilos in der Milchviehhaltung (17 kg/Kuh und Tag Maissilage, 13 kg Grassilage, 2 kg Heu).

Die vielen Anlagenteile, der hohe Aufwand für die Wartung der Dosierer und die mögliche Ausbringung nur einer Futtersorte schränken den Einsatz dieser stationären Anlagen trotz guter Anpassungsfähigkeit in Altgebäuden erheblich ein. Demgegenüber können die batteriegetriebenen, schienengebundenen Dosierwagen eine oder zwei Kraftfuttersorten ausbringen. Die Sollmengenvorgabe erfolgt dezentral über Nocken und Magnete an jedem Tierplatz oder über eine zentrale elektronische Steuereinheit am Gerät. Letztere erleichtert nicht nur die Handhabung, sondern bietet auch bessere Voraussetzungen für die Datenregistrierung und für notwendige Weiterentwicklungen [95]. Bei ganzjähriger Stallhaltung genügt die Identifizierung des Standplatzes, während die Weidehaltung eine Tieridentifizierung voraussetzt. Nach jedem Umlauf wird der Hängebehälter automatisch nachgefüllt. In der Parkposition erfolgt auch das Nachladen der Batterien.

Im Laufstall wird inzwischen zur Kraftfutterzudosierung das Verfahren der Abruffütterung als Standardverfahren angesehen [96 bis 98]. Die elektronische Identifizierung läßt eine sichere Kennung des Einzeltieres im Abrufstand zu [99]. Mit einer Futterstation, die bis zu vier Futtersorten auswerfen kann, lassen sich 25 bis 30 Kühe versorgen. Die Soll-Mengenvorgabe und die Registrierung der Verzehrmenen erfolgt über den Fütterungscomputer, der über das Fütterungsprogramm auch den Abruf steuert. Um die leistungsgerechte Versorgung mit Kraftfutter tatsächlich sicherzustellen, ist eine regelmäßige Kalibrierung der Volumendosierer erforderlich. Bei zuverlässiger Einstellung bringen die verwendeten Dosiergeräte ab 200 bis 250 g Einzelgabe eine zufriedenstellende Genauigkeit [100].

Entmisten

Die Gerätetechnik für das Entmisten spielt heute nur noch eine untergeordnete Rolle, da bei nennenswerten Milchkuhbeständen die stroharme bzw. strohlose Aufstallung mit Gitterrosten im Anbindestall und mit Spaltenböden im Laufstall bevorzugt wird, also das Flüssigmistverfahren. Für die noch vereinzelt angewandte Festmistbereitung (Aufstallung mit Stroh) werden jedoch nach wie vor Seilzugförderer, Schubstangenanlagen und Kettenförderer mit zugehörigen Miststapelgeräten angeboten [3; 4; 101].

Herdenmanagement

Einen beachtlichen Entwicklungsschub erfährt in letzter Zeit das gesamte Betriebsmanagement der Milchviehherde. Ausgehend vom Fütterungscomputer, der zunächst nur die Kraftfutterzu- teilung steuert, werden diesem Kleinrechner weitere Funktionen zum Herdenmanagement übertragen, z.B. die Terminüberwachung der Einzeltiere im Kuhkalender. Auch Kalkulationsprogramme zur Errechnung der Futterration in Abhängigkeit der Leistungsdaten in Verbindung mit automatischen Milchmengenmeßgeräten werden aufgenommen [102 bis 105]. An der automatisierten Erfassung der Tiergewichte und von physiologischen Parametern zur Überwachung der Tiergesundheit und Kontrolle des Reproduktionsverhaltens wird gearbeitet [106 bis 109]. In einer weiteren Entwicklungsstufe verdient die Koppelung mit einem Betriebscomputer zunehmende Bedeutung, um die gesamte Datenverwaltung, alle Kalkulationen und insbesondere auch ökonomische Auswertungen einschließlich Buchführung vornehmen zu können [110; 111].

Kälberhaltung

In der Kälberhaltung nimmt der Arbeitsvorgang des Tränkens mit Hilfe von Saugtränkeeimern etwa 70% des Gesamtarbeitsumfanges ein [26]. Daher wurden Tränkedosierautomaten entwickelt, die eine rechnergesteuerte Versorgung von Aufzucht- und Mastkälbern gestatten [112; 113]. Der Systemaufbau ist der Abruffütterung beim Milchvieh vergleichbar. Die Sollvorgabe und die bei Kälbern sehr wichtige Kontrolle der Verzehrsmenge erfolgt über den Fütterungscomputer. Die Tränke wird in kleinen Teilmengen mit konstanter Temperatur und vorwählbarer Konzentration stets

frisch aufbereitet und kann von den Kälbern in einem Tränkestand mit Antenne und Identifizierung abgerufen werden. Ein Tränkestand reicht für 30 bis maximal 40 Kälber aus. Zur Wachstumskontrolle der Kälber wird in Verbindung mit dem Tränkeautomaten an der automatischen Tiergewichtserfassung gearbeitet. Eine im Tränkestand eingebaute Wägebrücke erfaßt bei jedem Besuch das Tiergewicht. Die Meßdaten werden im Rechner aufbereitet und zu Tageswerten zusammengefaßt. Der registrierte Gewichtsverlauf läßt eine gute Kontrolle der Kälber zu und kann als Regelgröße für die Rationsbemessung herangezogen werden. Der Milchpulververbrauch kann dadurch ohne Gefährdung der Tierentwicklung zugunsten von preiswerten Grund- und Kraftfuttermitteln auf das unbedingt notwendige Maß verringert werden [114].

Rindermast

Die Rindermast und Rindfleischherzeugung mit jährlich gut 1,6 Mio. t [5] erfolgt vorwiegend in spezialisierten Bullenmastbetrieben. Die Masttiere werden hier überwiegend als Gruppen in Vollspaltenbodenbuchten gehalten, die infolge verschiedener Verhaltensansprüche (Fressen, Liegen, Lokomotion, Trinken) gewisse Mindestabmessungen aufweisen sollen [115; 116]. Die Schlitzweiten des Spaltenbodens müssen der unterschiedlichen Klauengröße angepaßt sein [117; 118]. Während die Buchtenabtrennungen aus kräftigen Rohrkonstruktionen möglichst mit vertikaler Verstrebung bestehen, werden über der Futterkrippe doppelte Nackenriegel angeordnet oder ein absperribares Freßgitter vorgesehen, das ein Fixieren der Masttiere zur Behandlung erlaubt. Da die Fütterungsarbeiten einen sehr hohen Anteil des Gesamtarbeitszeitbedarfes beanspruchen [119], werden insbesondere wegen der in der Regel höheren Bestandesgrößen leistungsfähige Gerätetechniken zur Fütterung von Silage eingesetzt; der Entwicklungsstand dieser Futtertechnik entspricht demjenigen der Milchviehhaltung. Auch in der Bullenmast wird eine kontinuierliche Erfassung der Gewichtsentwicklung jedes Einzeltieres (Waage vor der Tränkeeinrichtung) verfolgt, um entsprechend angepaßte Futterrationen zu dosieren und eine bessere Tierüberwachung zu erreichen [120 bis 122]. Folglich werden auch hier, wie in allen anderen Bereichen der Rinderhaltung, elektronische Hilfsmittel in Zukunft zur Rationalisierung der Produktion beitragen.

15. Technik in der Schweinehaltung

Allgemeines

In der Bundesrepublik Deutschland befanden sich 1985 etwa die Hälfte aller Mastschweine in Beständen mit weniger als 100 Mastplätzen. Trotz teilweise beträchtlicher Aufstockungen in den vergangenen Jahren ist die bundesdeutsche Schweinehaltung im Vergleich zu anderen EG-Ländern immer noch klein strukturiert [1].

Bestandsgrößenveränderungen sind vor allem von der wesentlich verbesserten Arbeitsproduktivität bei der Sauenhaltung und der Schweinemast ausgelöst worden. Im einzelnen wurde dies möglich durch

- Haltung in geschlossenen Ställen mit kompakten Grundrissen
- einstreusparende Haltungsverfahren, unter Wegfall der regelmäßigen Einstreu- und Entmistungsarbeiten
- automatisch geregelte Stallklimatisierungsanlagen, einschließlich der Anwendung von Energierückgewinnungseinrichtungen
- Einsatz von mechanisierten bis hin zu vollautomatischen Fütterungsverfahren
- arbeitszeitsparende und gleichzeitig leistungsfördernde Organisationsformen (z.B. Rein-Raus-Verfahren, Managementhilfen)
- Anwendung der Elektronik in den Bereichen Fütterungstechnik, Stallklimaanlagen und Produktionskontrolle [2 bis 10].

Eine Optimierung des Stallsystems setzt neben der Handhabung bereits bei der Planung im technischen Detail hinreichend abgesicherte Aussagen zu den Bereichen Lüftung, Heizung (Kühlung), zur Bauausführung und Stalleinrichtung sowie zur Geruchsauflösung voraus [11]. Schweineställe werden meist mit Flüssigmistverfahren entsorgt (Staumistverfahren), neue Vorschläge zielen darauf ab, den Flüssigmist noch schneller aus dem Stall zu entfernen (Rohrentmistung, Rinnenentmistung) [2].

Mastschweine

Die heute benutzten und diskutierten Aufstallungsformen für Mastschweine sind wie in Bild 1 dargestellt einzuordnen [1].

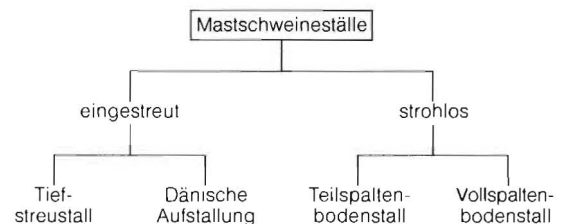


Bild 1: Stallsysteme für die Mastschweinehaltung.

In der Schweinemast haben die Futterkosten einen Anteil von 47%, die Kosten für die Beschaffung der Ferkel einen Anteil von rund 29%. Die Arbeitskosten sind in diesem rationalisierten Betriebszweig nur noch mit etwa 4% beteiligt [2; 9; 12].

Technik und Gebäude beanspruchen lediglich 9% der gesamten Kosten. Deshalb lassen sich die Produktionskosten nur wenig durch einfache Gebäude reduzieren. Vielmehr besteht die Gefahr, daß Sparmaßnahmen bei Technik und Gebäude zu geringeren Tierleistungen führen [2]. Die Kosten sind eher durch einen effizienteren Einsatz der Futterkomponenten zu senken [13]. Computergesteuerte, leistungsfähige und regelmäßig gewartete Fütterungsanlagen ermöglichen eine exakte, dem Bedarf entsprechende Zusammenstellung der erforderlichen Rationen aus den Einzelkomponenten und dosieren sie an die Tiergruppen in der vorgegebenen Menge (Bild 2) [3; 14 bis 17]. Auf diese Weise wird Futterverderb und -verlust vermieden, was zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit beitragen kann [4; 17]. Wachsende Ansprüche an ein ökonomisch ausgewogenes Futterangebot und die Überwachung von Mast- und Zuchtschweinen erfordern in

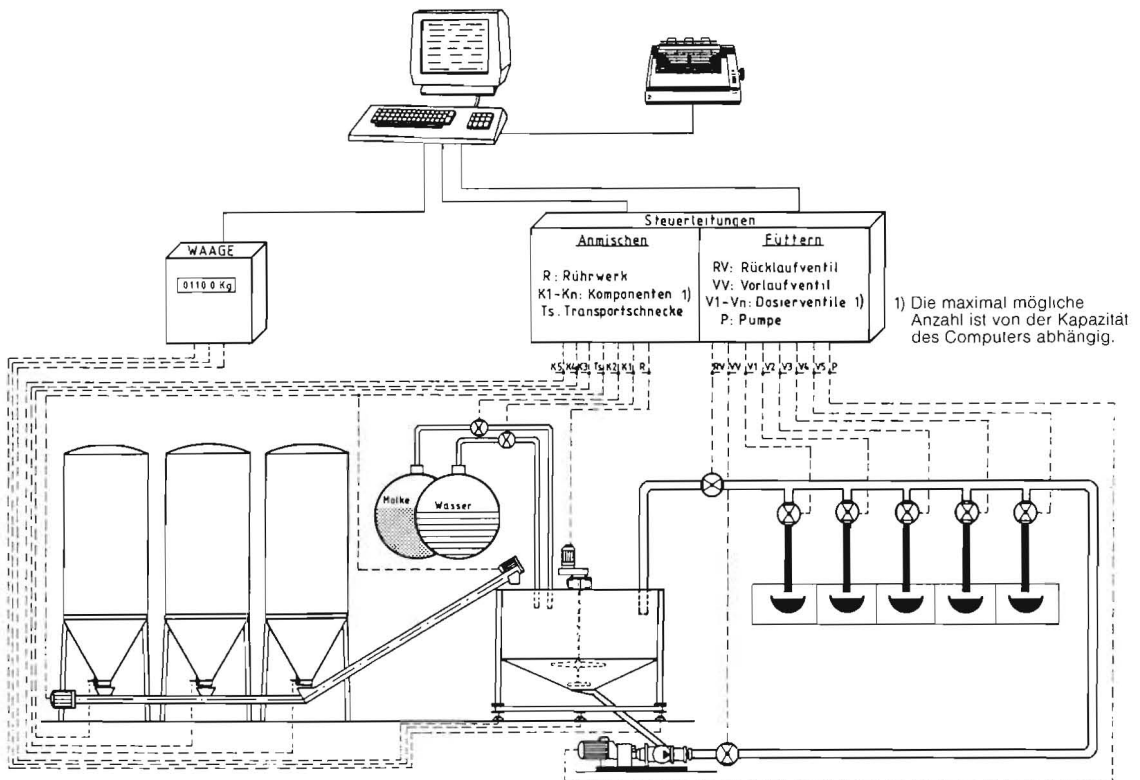


Bild 2: Aufbau einer computergesteuerten Flüssigfütterungsanlage.

Zukunft Regel- und Steuerungstechniken, die als Mikroprozessoren und Kleinrechner eine Optimierung der Fütterung, des Stallklimas und der Herdenführung vornehmen können [7; 13; 18 bis 22].

Ferkelproduktion

Kennzeichen der heutigen spezialisierten Ferkelproduktion ist die Aufteilung der Sauenherde in drei bzw. vier Haltungsstufen (Bild 3) entsprechend dem jeweiligen biologischen Leistungsabschnitt, nämlich

- Deckstall für güste und gedeckte Sauen, Jungsauen und Eber
- Wartestall für tragende Sauen
- Abferkelstall für ferkelführende Sauen oder Abferkel- und Aufzuchtstall bei einphasiger Ferkelaufzucht
- separater Ferkelaufzuchtstall bei zweiphasiger Aufzucht.

Hinzu kommen weitere Räume für Futteraufbereitung, Verkaufsraum und Hygieneschleuse mit sanitären Einrichtungen [9; 12; 23 bis 26]. Bei Neu-

bauten werden diese Stallbereiche als Kompaktanlage zusammengefügt, denn nur durch eine sinnvolle Zuordnung der Abteile läßt sich mit kurzen Trieb- und Arbeitswegen in Kombination mit einstreulosen Haltungsvorfahren eine reduzierte Arbeitsbelastung unter 20 Akh je Sau und Jahr erreichen. Die Aufteilung der Stallbereiche ermöglicht auch eine investitionssparende Nutzung von Altgebäuden, indem beispielsweise die weniger anspruchsvollen Deck- und Warteställe in vorhandenen Gebäuden eingerichtet werden und nur für Abferkel- und Ferkelaufzuchtställe ein Teilneubau evtl. notwendig wird.

Als Eingangsstufe für die spezialisierte Ferkelerzeugung soll der Deckstall mit Hilfe einer funktionsgerechten Aufstallung und guter Übersichtlichkeit dazu beitragen, die Sauen nach dem Absetzen wieder schnell und sicher zur Trächtigkeit zu bringen. Danach verbleiben sie bis zur Umrauschkontrolle im gleichen Abteil. Einzelhaltung in Anbinde- bzw. Kastenständen hat sich bewährt. Die Eber werden zur Stimulierung der Rausche dazwischen in eigenen Buchten unter-

gebracht. Ein Lichtprogramm fördert ebenfalls die Rausche. Auch die deckfähigen Jungsauen befinden sich im Deckstall- und zwar in Gruppenbuchten.

Sauen, die bis zum 21. Tag nach dem Belegen nicht umrauschen, werden vom Deckstall in den Wartestall gebracht. Auch hier hat sich wegen der guten Stallübersicht, dem geringen Flächenanspruch und den infolgedessen niedrigen Investitionskosten die Einzelhaltung in Kastenständen oder in Anbindeständen durchgesetzt. Wird anstelle mobiler Fütterungstechniken (z.B. Futterwagen) einer stationären Futterverteilanlage der Vorzug gegeben, so verursacht sie selbst zwar höhere Investitionskosten, die jedoch durch Weglassen eines Futterganges meist ausgeglichen werden [12]. Der Arbeitszeitbedarf für die täglichen Arbeiten läßt sich mit dieser Mechanisierungsstufe merklich senken.

In jüngster Zeit hat sich für die Unterbringung von tragenden Sauen im Wartestall eine interessante Alternative ergeben; Haltung in Großgrup-

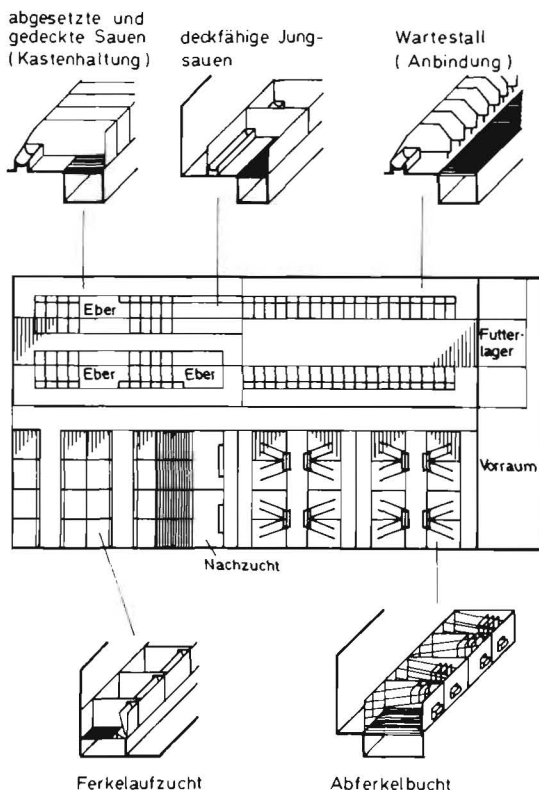


Bild 3: Anordnung der Haltungsstufen in einer Kompaktanlage für 64 Sauen (kamm-parallel).

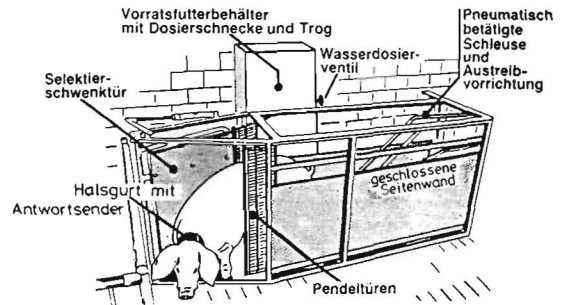


Bild 4: Abrufstation zur Fütterung von tragenden Sauen.

pen und Versorgung der Tiere mit computer-gesteuerter Abruffütterung (Bild 4) [12; 18].

Die Investitionskosten für die Grundeinheit einer solchen Abruffütterung sind beträchtlich (für 50 Sauen etwa DM 14.000,—). Kostengünstige Lösungen sind im Vergleich zu Einzelhaltung aber möglich, wenn einfach ausgeführte Bauten genutzt werden können. Das Verfahren mit der Abruffütterung ist mit oder ohne Einstreu in den Großbraumbuchten anwendbar, es ist nicht an bestimmte Grundrisse gebunden und die Anforderungen an das Stallklima sind gering.

Der zur Steuerung der Fütterungsanlage erforderliche Computer kann außerdem Kontroll- und Managementaufgaben unterstützen, so daß die Übersichtlichkeit trotz Großgruppe erhalten bleibt. Weiteren Auftrieb erhält diese Haltungsvariante aus der Absicht des Gesetzgebers, die Anbindehaltung bei Sauen zu verbieten und nach dem Absetzen für mindestens sechs Wochen eine einmal tägliche Bewegungsmöglichkeit vorzuschreiben.

Um ein konsequentes Rein-Raus-Verfahren mit entsprechender Hygieneprophylaxe zu sichern, wird der Abferkelstall in Abteile für jeweils eine Sauengruppe mit sechs, acht oder zwölf Tieren unterteilt. Der Grundriß ist hierbei vorzugsweise so anzulegen, daß jedes Abteil vom zentralen Erschließungsgang aus betreten wird (Bild 2). Die einzelnen Buchten können durch Hochverlegen des Futtertrogs und Schrägaufstellung der Sau kompakt gestaltet werden, so daß der für diese Haltungsstufe erforderliche Wärmeenergiebedarf minimiert und außerdem eine Anpassung an vorhandene schmalere Räume erleichtert wird. Kasten- oder Anbindestände für die Sau haben sich gleichermaßen bewährt [9].

Zur Schaffung eines behaglichen Mikroklimas im Ferkelliegebereich sind Heizsysteme auf der Basis von Gas und Strom verbreitet, teilweise

ergänzt durch ein sogenanntes Ferkelnest. Da bei den Sauen im Abferkelbereich eine einmal tägliche erfolgreiche Fütterung ausreicht, kann hier auf eine automatische Fütterung am ehesten verzichtet werden, zumal die Fütterungsarbeiten mit der notwendigen Tierkontrolle verbunden werden können.

Nach dem Absetzen verbleiben die Ferkel entweder in der Abferkelbucht (einphasige Aufzucht) oder sie werden in einen eigens eingerichteten

Ferkelaufzuchtstall gebracht. Die quadratischen Buchten werden mit drei Tieren pro Quadratmeter belegt, die Fütterung erfolgt an Futterautomaten, die einmal täglich zu befüllen sind (Bild 2).

Hygienisch einwandfreies, möglichst temperiertes Trinkwasser muß den Tieren, wie übrigens in allen Stallbereichen, ständig über Tränkeinrichtungen zur freien Aufnahme angeboten werden [14]. Die Wasserentnahme erfolgt über Nippel- oder Beißtränken.

16. Energietechnik (alternative Energien)

Einsatz technischer Energie

Der Bedarf an technischer Energie in der Landwirtschaft wird heute hauptsächlich über den Einsatz von fossilen Energieträgern (Diesel- und Vergaserkraftstoff, Heizöl) und Elektrizität gedeckt. Nach den statistischen Angaben [1; 2] betrug 1985/86 die in den landwirtschaftlichen Betrieben verbrauchte Energiemenge insgesamt 32,0 TWh (ohne Gartenbau), wovon etwa 52% auf Dieselkraftstoff, 17% auf Vergaserkraftstoff, 16% auf Heizöl und 15% auf elektrischen Strom entfielen. Während der Verbrauch an Mineralöl-Kraftstoffen eine leicht fallende Tendenz aufweist, hat in den letzten 15 Jahren der Einsatz von Heizöl geringfügig zugenommen; dies gilt ebenfalls für den Verbrauch an elektrischer Energie (Bild 1).

Trotz der derzeit günstigen Energiepreissituation stellen die Ausgaben für Energie für den landwirtschaftlichen Betrieb einen nicht zu vernachlässigenden Kostenfaktor dar. Maßnahmen zur Einsparung von Energie sind daher ebenso von Bedeutung wie die Nutzung von regenerativen Energiequellen, d. h. durch Einsatz alternativer Energie den Fremdbezug von Energie einzuschränken.

Einsparung von Energie

Eine spürbare Senkung des Bedarfs an technischer Energie in der Landwirtschaft ist in erster Linie beim Schleppereinsatz möglich. Neben konstruktiven Verbesserungen und Weiterentwicklungen an Motor, Getriebe und Fahrwerk (s. Kap. 2), kann durch Erfassung der Betriebsbedingungen von Schlepper und Gerät und deren optimale Abstimmung mit Hilfe von Regelungs- und Steuerungssystemen unter Einsatz der Mikroelektronik und in Verbindung mit einer umfassenden Fahrerinformation eine wesentliche Kraftstoffeinsparung erreicht werden [3 bis 6].

Unter Hinweis auf die fachspezifischen Ausführungen in dem jeweiligen Kapitel in dieser Über-

sicht werden im folgenden einige Bereiche und Maßnahmen genannt, für die auch im Hinblick auf Energieeinsparung Fortschritte zu verzeichnen sind:

- Bodenbearbeitung: Reduzierte und konservierende Bearbeitung [7];
- Halmfütterernte: Maßnahmen zur Trocknungsbeschleunigung [8 bis 10];
- Getreidetrocknung und -lagerung: Wärmerückgewinnung [11; 12];
- Betriebsgebäude: Wärmedämmung und Lüftung [13].

Alternative Energien

Alternative Energiequellen im landwirtschaftlichen Bereich sind in erster Linie das Energiepotential von pflanzlichen Produkten sowie von Rest- und Abfallstoffen, die bei der Pflanzen- und Tierproduktion sowie bei der Aufbereitung pflanzlicher Produkte anfallen. Die Nutzung dieses Potentials kann, soweit es sich um Feststoffe mit niedrigem Feuchtegehalt handelt, über thermische Konversion erfolgen, sei es durch Verbrennen zur Bereitstellung von Wärme oder durch Verschwelen zur Erzeugung von Brenngas.

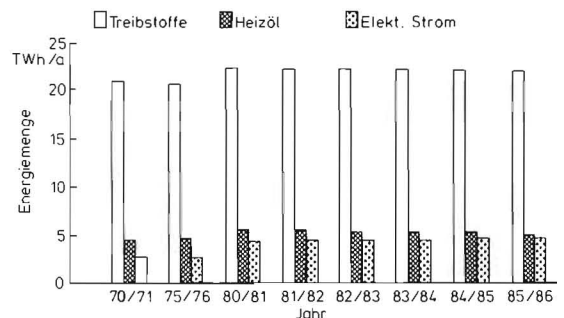


Bild 1: Entwicklung des jährlichen Energieverbrauchs in der Landwirtschaft (ohne Gartenbau).

Das bei der anaeroben Vergärung feuchter oder flüssiger organischer Stoffe entstehende Biogas läßt sich zur Erzeugung von Wärme oder als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren einsetzen. Aus zucker- und stärkehaltigen Pflanzen erzeugter Alkohol sowie pflanzliche Öle stellen hochwertige Substitute für fossile Kraftstoffe dar [14].

Schließlich kann der Bedarf an Heizöl und Elektrizität für Heizzwecke durch Nutzung der Abwärme von Verbrennungsmotoren und aus biologischen Prozessen (z. B. Kompostierung), der Wärme aus Erdreich, Wasser und Luft (einschließlich Abluft aus Tierhaltungen) über Wärmepumpen sowie der Solarwärme über Kollektoren vermindert werden.

Wärme aus Biomasseverbrennung – Pflanzliche Brennstoffe, im wesentlichen Holz und im begrenzten Umfang auch Stroh, werden in erster Linie in landwirtschaftlichen Haushalten für Heizzwecke eingesetzt. Technische Entwicklungen sind auf Vereinfachung der Brennstoffaufbereitung und -zuführung, die Verbesserung des Wirkungsgrades und die Verminderung der Schadstoffkonzentration im Abgas ausgerichtet. Wichtige Voraussetzungen hierfür sind Kenntnisse über das Brennverhalten der einzelnen Brennstoffe [15].

Einen hohen Reifegrad haben Anlagen für Stückgut-Brennstoffe (Holzstücke bzw. -scheite, Stroh- und Holzbriketts) erreicht. Anlagen zur Verfeuerung von Holzhackschnitzeln werden fast ausnahmslos mit automatischer Zuführung in Verbindung mit einer Brennstoffbevorratung betrieben. Anlagen für runde und kubische Strohgroßballen sind mit Auflöse- und Dosiereinrichtungen ausgerüstet. Größte Verbreitung haben Anlagen für Hochdruck-Strohballen gefunden; sie werden mit Ballenmagazin für 24 h-Betrieb im Leistungsbereich von 40 bis 100 kW zu Preisen von 90,- bis 300,- DM/kW angeboten [16] und erfüllen bei Ausführungen mit Unterbrandkessel und Nachbrennkammer die Emissionsvorschriften.

Kraftstoffe aus Pflanzen – Als Ersatz für Dieselkraftstoff eignen sich vorzugsweise pflanzliche Öle [17; 18]. In Mitteleuropa sind dies im wesentlichen Raps-, Rübsen- und Sonnenblumenöl. Da reines Pflanzenöl bei ausschließlicher Verwendung in Dieselmotoren konventioneller Bauart zu störenden Rückstandsbildungen an Kolben, Ventilen und Stößeln führt, kann es nur in Mischung mit Dieselkraftstoff eingesetzt werden.

Durch konstruktive Maßnahmen an Brennkammer und Kühlsystem lassen sich jedoch diese Nachteile beseitigen [19; 20].

Verestertes Pflanzenöl hingegen ist als vollwertiger Ersatz für Dieselkraftstoff zu betrachten [17; 21], ohne daß am Motor Veränderungen notwendig sind.

Gärungsalkohol (Äthanol) ist für Ottomotoren ein vollwertiger Kraftstoff. Für herkömmliche Motoren ist eine Zumischung zu Benzin bis 30% möglich. Bei Betrieb mit reinem Alkohol sind am Motor jedoch geringfügige Anpassungsmaßnahmen erforderlich. Optimale Äthanol-Ottomotoren sind bereits seit mehreren Jahren Stand der Technik [22]. Hingegen ist ein Betrieb herkömmlicher Dieselmotoren mit reinem Alkohol nur unter Verwendung von Zündbeschleunigern und nach geringfügigen Veränderungen am Motor möglich. Eine Alternative ist die Ausrüstung des Motors mit zwei getrennten Einspritzsystemen für Dieselkraftstoff und für Äthanol. Diese Lösung befindet sich noch im Versuchsstadium.

Biogas – Die Anzahl der in der Bundesrepublik Deutschland zur Zeit im Betrieb befindlichen landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird auf etwa 120 geschätzt. Aufgrund nach wie vor hoher Investitionskosten und verhältnismäßig niedriger Energiepreise ist mit einer Belebung der Nachfrage vorläufig nicht zu rechnen [23]. In der technischen Entwicklung sind daher für landwirtschaftliche Anlagen gegenüber dem Stand von 1984/85 [24; 25] keine wesentlichen Fortschritte zu verzeichnen, die einen entscheidenden Beitrag zur Kostensenkung und zur Leistungserhöhung darstellen. Hierauf ausgerichtete Erwartungen werden zur Zeit in eine neue Prozeßführungstechnik für die Methangärung gesetzt, bei der durch Anreicherung der Bakterien (Festbettverfahren) höhere Stoffumsetzungsraten erreicht werden [26].

Biogas wird entweder unmittelbar zur Erzeugung von Wärme anstelle von Heizöl oder als Kraftstoff für Ottomotoren eingesetzt, hier fast ausschließlich im stationären Betrieb zur Erzeugung von elektrischem Strom mit Nutzung der Abwärme zu Heizzwecken.

Die Verwendung von Biogas zum Betreiben von Fahrzeugmotoren hat wegen der auf dem Fahrzeug unterzubringenden, geringen Speicherkapazität bisher noch keine praktische Bedeutung erlangt. Die Verflüssigung von Biogas scheitert an Korrosionsproblemen sowie am hohen technischen Aufwand und Energiebedarf [27].

Wärme aus Abwärme – Ein erheblicher Teil der in der Landwirtschaft benötigten Energie entfällt auf Wärme. Gleichzeitig fällt Wärme in großen Mengen an, allerdings mit niedriger Temperatur und muß deshalb als Abfallwärme angesehen werden. Hier helfen elektrisch, kraftstoff- oder gasbetriebene Wärmepumpen, aus der anergetischen Abwärme wiederverwendbare Energie zu schaffen [28]. Leistungsziffern von 3 sind im praktischen Einsatz erreichbar. Kompressionswärmepumpen haben sich gegenüber Absorptionsgeräten durchgesetzt. Die hauptsächlich genutzte originäre Wärmequelle ist die Körperwärme des Tieres. Der abgegebene Wärmeüberschuß wird mittels Wärmetauschern entweder der Abluft bzw. den Außenwänden des Stalles entzogen oder der zu kühlenden Milch [29 bis 31]. Besonders effektiv gestaltet sich die Abwärmenutzung dann, wenn neben der fühlbaren auch die latente Wärme, z. B. die Kondensationswärme aus Stallabluf, rückgewonnen werden kann. Durch Anhebung des Temperaturniveaus wird höherwertige, technisch wiederverwertbare Wärme erzeugt. Haupteinsatzgebiete sind Heizung, Klimatisierung und Trocknung.

Wärme aus organischen Abfallstoffen – Wärme aus dem Wachstumsprozeß von Mikroorganismen, wie sie z. B. bei der Kompostierung [32] und der Belüftung von Flüssigmist [33] entsteht, läßt sich je nach Verwendungszweck unmittelbar oder mittelbar durch den Einsatz von Wärmepumpen zu Heizzwecken (z. B. für Gewächshäuser, Brauchwasser oder Hausheizung) nutzen.

Energie aus der Sonneneinstrahlung – In Westeuropa werden im Jahr nur etwa 1% der zugestrahlten Sonnenenergie durch die Agrarproduktion in organische Substanz umgewandelt [34]. Technisch kann ein Teil der Globalstrahlung durch Kollektoren oder Absorber in Wärme umgesetzt werden. Versuchsanlagen mit photovoltaischen Systemen liefern elektrischen Strom. Neben dem Vorteil allgegenwärtiger Verfügbarkeit wird ihr Einsatz durch die Unsicherheit und das Fehlen einer wirtschaftlichen Speichermöglichkeit der gewonnenen technischen Energie beeinträchtigt. Zur Wärmespeicherung wird meistens lediglich die Wärmekapazität verschiedener Stoffe (z. B. Wasser, Steine, Erde) verwendet [35; 36]. Es gibt Ansätze, auch die Latentwärme (Dampfableitung mit Kondensation) sowie chemische Prozesse (Veränderung der Salzkonzentration in Wasserbecken) zu nutzen.

Je nach Einsatzzweck haben sich eine Vielzahl unterschiedlich wirkender Kollektions-, Reflektions- und Absorptionssysteme herausgebildet [37 bis 42]. Die derart gewonnene Wärme dient im landwirtschaftlichen Bereich hauptsächlich zur Trocknung (z. B. Heu und Getreide), zur Brauchwassererwärmung und als Zusatzheizung (z. B. für Gewächshäuser, Ställe, Wohngebäude) [43; 44].

Energie aus der Windkraft – Windkraftanlagen erfahren zunehmende Verbreitung, natürlich bevorzugt in den Küstenregionen. Ähnlich den Sonnenkraftanlagen liegt ihr Vorteil in der netzunabhängigen Anwendbarkeit und in ihrer Umweltverträglichkeit begründet. War die klassisch erzeugte Energieform die mechanische (Mühlen), so ist es heute vorrangig elektrische Energie, in geringerem Umfang auch Wärmeenergie (Heizung).

Zur Zeit laufen in der Bundesrepublik Anlagen im Leistungsbereich zwischen 0,1 und 50 kW, überwiegend jedoch im unteren Bereich. An windgünstigen Standorten mit mittleren Windgeschwindigkeiten über 5 m/s werden Schnellläufer mit zwei oder drei Blättern bevorzugt, die dann der Stromerzeugung dienen. Langsamlaufende Windturbinen mit selbstregelnden Generatoren können für die Heizstromerzeugung und zum Batterieladen genutzt werden. Eine neuere Entwicklung sind Rotoren mit vertikaler Welle. Bei geringerem Wirkungsgrad bieten sie den Vorteil größerer Sturmsicherheit und der Unabhängigkeit von der Windrichtung. Kleine, langsamlaufende Windräder mit großer Blattzahl werden zunehmend netzfern zum Befüllen von Fischteichen oder Weidetränken eingesetzt [35].

Wärme aus der Erdkruste – Die Trägheit der Wärmeleitung und das damit verbundene Speichervermögen des Erdreichs werden auf verschiedene Weise als Wärmequelle, hauptsächlich zu Heizzwecken, genutzt. Wasser wird entweder durch horizontal in etwa 1 m Tiefe verlegte PVC-Rohre oder durch vertikale Erdsonden, die bis etwa 50 m Tiefe hinabreichen, gepumpt. Dabei erwärmt sich das Wasser und kann dann mittels Wärmepumpen auf ein für Heizzwecke ausreichendes Temperaturniveau gebracht werden [45 bis 47].

Vornehmlich zur Klimatisierung von Schweineställen – Kühlung im Sommer und Heizung im Winter – wird auch Luft durch in 1,5 bis 3 m Tiefe verlegte Dränrohre gepumpt und dann unmittelbar in den Stall geführt [48; 49].

17. Agrartechnik in den Tropen und Subtropen

Allgemeines

Angesichts des Absatzrückganges von Acker-
schleppern, Maschinen und Geräten in der Land-
wirtschaft der Industrieländer erheischen die
Märkte der Schwellen- und Entwicklungsländer
der Tropen und Subtropen ein größeres Interesse
der Hersteller.

Indes ist die Mechanisierung der Landwirt-
schaft in der dritten Welt in den Organisationen
der Entwicklungshilfe immer noch ein umstritte-
nes Thema. Mit dem Einsatz der Agrartechnik
werden eine Substitution von Arbeitskräften, die
Abhängigkeit von Importen, die Gefahr von Fehl-
investitionen, die Gefährdung der Umwelt und
die Störung des sozialen Gefüges befürchtet [1].

Andererseits nimmt nach den vorliegenden
Prognosen die Weltbevölkerung von derzeit 5 auf
10 bis 12 Milliarden im Jahre 2050 zu (Bild 1).

Die damit notwendige Verdopplung der Nah-
rungsmittelproduktion in diesen Ländern läßt sich
nur teilweise durch die Vergrößerung der land-
wirtschaftlichen Nutzfläche erreichen; in erheb-
lichem Ausmaß muß in den Ländern der dritten
Welt durch Intensivierung die landwirtschaftliche
Produktion gesteigert werden. Bei dieser Steige-
rung muß der Einsatz von Maschinen und
Geräten genauso berücksichtigt werden wie
der Einsatz neuer Sorten, die Anwendung von
Dünger und Pflanzenschutzmitteln.

Nach einer FAO-Definition umfaßt der Begriff
landwirtschaftliche Mechanisierung in den Ent-
wicklungsländern nicht nur den Einsatz von
Landmaschinen und Traktoren, sondern auch
die Anwendung von Geräten, die von den Tieren
gezogen oder von Hand betrieben werden. In der
Tat wird es angesichts der in der Regel
knappen Ressourcen in der Dritten Welt notwendig
sein, auf unterschiedlichem technologischen
Niveau zu mechanisieren. Die unterschiedlichen
Mechanisierungsstufen lassen sich für viele
Aufgaben nebeneinander oder nacheinander
einsetzen [2].

Angesichts der zahlreichen Rückschläge von
Mechanisierungsprojekten vergangener Dekaden
wird zunehmend versucht, in sorgfältigen
Studien für die verschiedenen Länder der Dritten
Welt Mechanisierungskonzepte zu entwickeln
und den Bedarf an Maschinen und Geräten zu
analysieren [3 bis 6].

Neben diesem Studium der technischen Erfor-
dernisse in der tropischen Landwirtschaft ist der
Erfolg des Einsatzes von Schleppern, Land-
maschinen und Geräten in den Ländern der
Dritten Welt in hohem Maße von sozio-kulturellen
Faktoren abhängig [7]. Förderungsstrategien der
Mechanisierung müssen die Wertvorstellungen,
traditionelle Verhaltensweisen und die dörfliche
und familiäre Arbeitsteilung bei der Übernahme
und Verbreitung moderner Technologien berück-
sichtigen.

Es ist eine produktspezifische Anpassung der
Technik an tropische Kulturen erforderlich. Viel-
fach wird die Meinung vertreten, man brauche

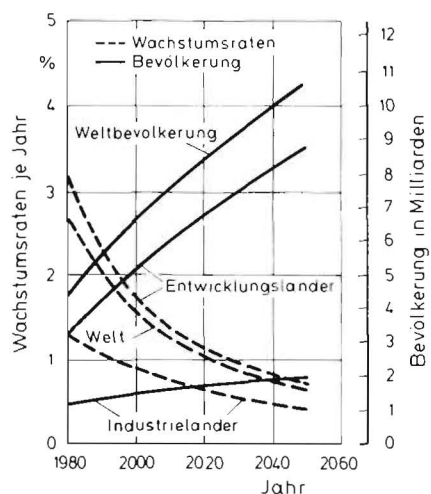


Bild 1: Entwicklung der Weltbevölkerung
(VDI Nachrichten 1984).

nur aus der großen Vielfalt von Maschinen und Geräten der Industrieländer die für den Anbau tropischer Kulturen geeigneten zu selektieren und einzuführen. Dies trifft zunächst für den Acker-
schlepper weitgehend zu [8]. Gleichwohl fehlt es auch in jüngster Zeit nicht an Versuchen, im Hinblick auf eine lokale Produktion und eines oft unzureichenden Reparatur- und Servicedienstes sowie den oft schwierigen Einsatzbedingungen einfache Schlepperkonzepte zu entwickeln [9;10]. Indes bedarf die Mechanisierung des Anbaus vieler tropischer Kulturen einer angepassten Entwicklung von Maschinen und Geräten [11 bis 13].

Bodenbearbeitung

Die oft empfindlichen ökologischen Systeme der Tropen und Subtropen erfordern eine schonende Landnutzung. Durch die Weiterentwicklung geeigneter Mulchtechnologien soll der rasche Humusabbau im Boden sowie die Wasser- und Winderosion vermindert werden [14; 15]. Die für eine reduzierte Bodenbearbeitung in solchen Ackerbausystemen erforderlichen Maschinen und Geräte müssen im wesentlichen noch entwickelt werden. Auch durch das Anlegen spezieller Dammprofile wird versucht, das Abschwemmen der Böden zu vermeiden, die saisonalen Regenfälle möglichst vollständig in den Boden aufzunehmen und auf der anderen Seite die Verdunstung während der Trockenperioden gering zu halten [16].

Die Arbeiten zur Entwicklung und Verbesserung von Direktsä- und -pflanzmaschinen wurden mit Erfolg fortgesetzt [17 bis 20].

Erntetechnik

Neben der Verbesserung des konventionellen Mähdreschers für die Ernte tropischer Kulturen [21] ist hier besonders das Bemühen zu erwähnen, einen Einfachmähdrescher (low cost combine) zu entwickeln; die in vielen tropischen und subtropischen Ländern günstigeren Druschbedingungen für das Getreide lassen solche Versuche sinnvoll erscheinen (Bild 2) [22].

Entwickelt wurden ferner Rupftechniken für die Linsenernte [23; 24], Zuckerrohrernter [25] für den Anbau an den Acker-
schlepper, Schwadleger für die Reis- und Getreideernte (Bild 3) [26].

Energieversorgung

Zahlreiche Arbeiten und Entwicklungen befassen sich mit der Aufgabe, die großen Lücken der fossilen Energieversorgung in den Entwicklungsländern durch die Nutzung alternativer Energien schließen zu helfen. Motoren für Pflanzenöle, Biogasanlagen, Solarkollektoren für die Warmwasserbereitung und Trocknung, die Verbesserung der einfachen Brennöfen für den Haushalt und der Einsatz von Solarzellen, z. B. für den Antrieb von Pumpen sind hier zu nennen. Besonders zu erwähnen sind auch die zahlreichen Projekte auf dem Gebiet der alternativen Energie von GATE, einer Abteilung der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit [27 bis 29].

Forschungsaktivitäten in der Bundesrepublik Deutschland

In einer Tagung der Deutschen Stiftung für Entwicklungsländer (DSE) wurde versucht, die Forschungsaktivitäten wissenschaftlicher Insti-

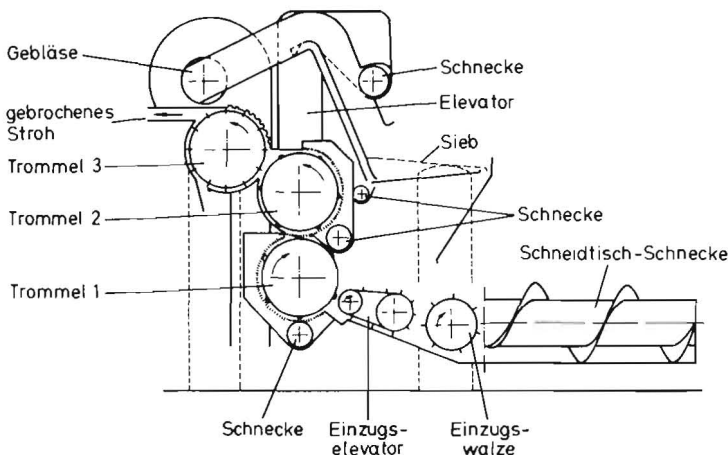


Bild 2: NIAE-Einfachmähdrescher.

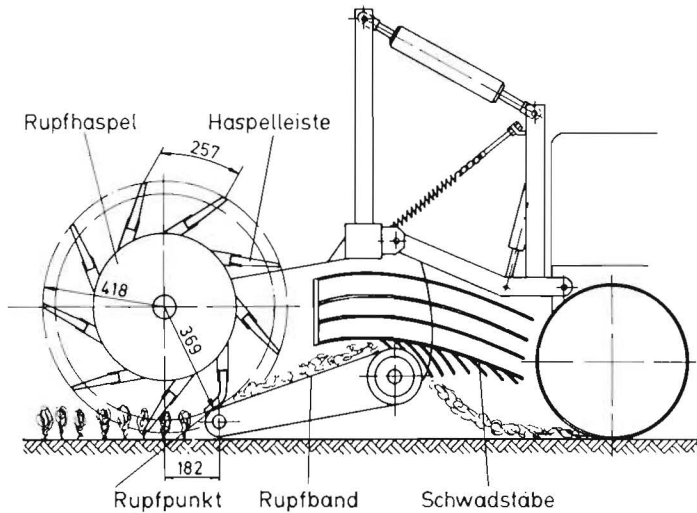


Bild 3: Linsenruher.

tutionen, Organisationen der Entwicklungshilfe und der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland über Fragen der Agrartechnik am tropischen und subtropischen Standort zu aktualisieren und Orientierungen zu erarbeiten.

Es zeigte sich, daß die an sich relativ geringen Aktivitäten der Agrartechnik auf diesem Gebiet in der Bundesrepublik Deutschland stärker gebündelt und gefördert werden sollten. Als Forschungsfelder hoher Priorität wurden auf diesem Expertengespräch folgende Gebiete genannt:

- Anpassung technischer Lösungen der gemäßigten Zonen an die regionalen Verhältnisse der Tropen und Subtropen
- Entwicklung von Verfahren zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und besseren Wassernutzung

- Reduzierung des Aufwandes von Agrochemikalien
- Entwicklung technischer Hilfsmittel für bisher nicht mechanisierte tropische Kulturen, auch im Hinblick auf eine lokale Fertigung
- Verwendung erneuerbarer Energien, für die in den Tropen relativ günstige Voraussetzungen bestehen.

Die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) veranstaltete Mechanisierungssymposien zu ihren Ausstellungen 1986 und 1987, bei denen sich die Vertreter der Entwicklungsländer mit den Repräsentanten nationaler und internationaler Organisationen sowie der Landmaschinenindustrie trafen [30 bis 33].

18. Kommunaltechnik

Allgemeines

Die Kommunaltechnik ist in vielfacher Hinsicht ein der Landtechnik eng verwandtes Gebiet. Die Kommunalfahrzeuge haben den landwirtschaftlichen Schlepper zur Grundlage. Die Mäh- und Bodenpflegegeräte entsprechen weitgehend den auch in der Landwirtschaft verwendeten Geräten und auch die Wege- und Grabenpflegegeräte haben ihren Ursprung in der Landtechnik.

Kommunalfahrzeuge

Die Kommunalfahrzeuge dienen als Grundmaschinen für die vielseitigen Pflege- und Transportarbeiten im Kommunalbereich. Sie weisen folgende Merkmale auf: vielseitige Verwendbarkeit, hohe Wendigkeit, Bodenschonung, hohe Transportgeschwindigkeit, Komfort. Diese Anforderungen werden von Vierradschleppern optimal erfüllt. Zu ihnen zählen Kompaktschlepper (**Bild 1**), Schlepper mit Knicklenkung, Frontsitzschlepper und Hangschlepper (**Bild 2**).

Als Triebwerke werden sparsame, laufuhige und zuverlässige Mehrzylinder-Kleindieselmotoren mit der Leistung von 10 bis 40 kW eingesetzt. Zur Geräuschminderung für die Umwelt wird bei

einigen Schleppern die Kapselung des Motors vorgenommen. Der Allradantrieb und der stufenlose hydrostatische Fahrtrieb finden auch bei Schleppern der unteren Leistungsklasse starke Verbreitung. Zur Erreichung einer ständig optimalen Kraftverteilung auf alle vier Räder wird die Technik des Allradantriebes mit Visco-Kupplung angewendet. Ein absoluter Gleichlauf aller angetriebenen Räder ist dadurch erreicht und die Verletzung der sehr empfindlichen Grasnaben wird bei der höchstmöglichen Zugkraftausnutzung vermieden [1].

Zur vielseitigen Verwendbarkeit bieten die Kommunalschlepper Möglichkeiten zum Aufbau, zum hydraulischen Heben und zum Antrieb durch Normzapfwellen von Front-, Heck- sowie Zwischenachsarbeitsgeräten. Front- und Heck-Hydraulikanschlüsse erweitern die Einsatzmöglichkeit des Fahrzeuges. Die hydraulische Lenkung der Kompakt- und Frontsitzschlepper, die Knicklenkung oder die Allradlenkung der Hangschlepper ermöglichen eine hohe Wendigkeit. Bedienungskomfort – wie stufenloser Fahrtrieb, Tempomatic, ergonomisch ausgebildete Bedienungselemente – und Komfortkabine mit



Bild 1: Kommunaler Kompaktschlepper mit Kreiselmäher und speziellem (kleinem) Ladewagen im Einsatz auf Brachlandfläche (Werkbild KHD).



Bild 2: Hangschlepper mit Schlegelmäher im Einsatz (Werkbild Aebi).

optimaler Lüftung und Heizung erhöhen die Arbeitsproduktivität des Fahrers und somit die Wirtschaftlichkeit des Schleppers.

Für Arbeiten auf kleinen, engen Flächen oder an Böschungen wird nach wie vor der Einachsschlepper verwendet. Während die kleinen Einachsschlepper von etwa 3 kW vorwiegend für die Grundstückspflege wie Sommer- und Winterdienst verwendet werden, werden die Einachsschlepper der oberen Leistungsklasse (7 bis 13 kW) in der kommunalen Landschaftspflege eingesetzt. Hydrostatische Fahrtriebe erhöhen den Bedienungskomfort in oberen Klassen. Eine beispielhafte technische Entwicklung in diesem Bereich zeigt der Einachsschlepper M 1000 von Holder, der neben dem hydrostatischen Fahrtrieb die hydraulische Holm-Lenkung und den stufenlos einstellbaren Schwerpunkt aufweist [1].

Für die Pflege von engen und schmalen Flächen, wie Geh- oder Radwege, werden Schmalspur-Mehrzweckfahrzeuge mit einer Spurbreite von etwa 1,3 m eingesetzt. Durch Anordnung des Motors in dem Zwischenachsraum ist oberhalb von Motor und der Hinterachse Platz für eine kippbare Ladepritsche, die beispielsweise einen Gras- und Laubsaugcontainer, ein Aufsatzstreugerät oder einen Wassertank aufnehmen kann. Geräteaufhängung und Hydraulikan Anschlüsse an Front und Heck sowie unter Umständen die hydraulisch angetriebene Heckzapfwelle ermöglichen eine breite Verwendung des Fahrzeuges im Kommunalbetrieb. Für schwere Einsätze wie den Winterdienst ist das Gerät mit einem Antriebsmotor bis zu rund 50 kW und mit Allradantrieb ausgerüstet. Die gefederten Fahrwerke lassen eine hohe Fahrgeschwindigkeit (40-60 km/h) auf der Straße zu.

Für Pflegearbeiten an bzw. auf den Straßen oder Autobahnen (Pflege des Straßenbegleitgrüns bzw. Winterdienst) werden bekanntlich Mehrzweckfahrzeuge wie Unimog oder Kommunal-LKW eingesetzt.

Geräte zur Grünflächenpflege

Grünflächen, d.h. Brachland und Rasenflächen, werden aus ästhetischem und aus biologischem Grund gepflegt; die Pflege umfaßt das Mähen und die Bodenbehandlung. Bei beiden Arbeiten finden die auch in der Landwirtschaft eingesetzten Maschinen Verwendung.

Der Balkenmäher schont die Bodenflora und -fauna [2]. Besonders häufig wird der Doppelmesser-Balken verwendet [3; 4].



Bild 3: Großflächen-Sichelmäher (Werkbild Toro).

Eine große Verbreitung hat das Balkenmäherwerk in Kombination mit einem Einachsschlepper gefunden [2]. Als Sonderausführung ist auch das Unterwasser-Mäherwerk bekannt; dabei wird das vom Hydraulikmotor angetriebene Mäherwerk von einem Kleinmotorboot geschleppt, so daß es richtungsstabil über den Gewässerboden [2] gleiten kann, ohne daß die oszillierende Bewegung der Messer eine Verwirbelung und damit störende Strömungskräfte erzeugt.

Der landwirtschaftliche Kreiselmäher wird – meist als 2-Scheiben-Mäher – in der Landschaftspflege schwerpunktmäßig auf Großflächen, z. B. Flugplätzen, Teilflächen von Parkanlagen oder auf Brachland eingesetzt. Die Mähqualität wird als zufriedenstellend bis gut beurteilt [5]. Mit einer Arbeitsbreite von bis zu 1 m wird er am Einachsschlepper, bei Arbeiten bis zu etwa 2 m im Front- oder Heckanbau an Kompaktschleppern angebaut [3].

Zur Senkung der Pflegekosten wird, wie in der Landwirtschaft, der Ladewagen in einer Arbeitskette mit dem Kreisel- oder Balkenmäher zur Aufnahme des Schnittgutes verwendet [5]. Wegen des zu hohen Gewichtes kann allerdings der landwirtschaftliche Ladewagen bei der Grünflächenpflege nur bis zur Hälfte beladen werden [6]. Speziell für diesen Zweck sind kleinere Ladewagen entwickelt worden (Bild 1).

Das Arbeitsverfahren des Sichelmähers ist wie beim Kreiselmäher robust und einfach. Er wird auf Rasenflächen mit höheren Qualitätsansprüchen eingesetzt. Nach [7] ist ein einwandfreies und gleichmäßiges Stoppelbild erreicht, wenn in der sichelförmigen, im vorderen Bereich des Mähgehäuses liegenden Schneidzone keine Wirbelbildung entsteht, die den Schneidvorgang stört. Dies ist der Fall, wenn der Luftstrom (besonders beim Mehrmesser-Mäherwerk) durch die einzelnen Schneidzonen umfassenden Gehäuse-

konturen exakt geführt wird. Der Kostendruck setzt die Häufigkeit des Mähens von Park- und Sportanlagen herab. Eine der Lösungen ist dann der Einsatz von Großflächenmähern mit großer Arbeitsbreite und gleichmäßiger Mähgutverteilung (Bild 3).

Schlegelmäher werden zum Rekultivieren und zur Grobpflege von Grünflächen eingesetzt [5]. In Zusammenhang mit einem Saug-Druckgebläse und einem Rasencontainer wird der hydraulisch angetriebene, gegenüber Fremdkörpern unempfindliche Auslegeschlegelmäher für das Mähen von Straßenbegleitgrünflächen eingesetzt [2; 8; 9].

Die höchste Qualität des Rasenschnittes wird mit Spindelmähern erzielt. Bei Großflächenmähern ist der Spindeltrieb fast ausschließlich und der Fahrtrieb oft hydrostatisch ausgeführt. Durch die stufenlose Regelung der Fahrgeschwindigkeit und der Spindeldrehzahl kann die optimale Schnitzzahl je Meter Mähstrecke erzielt werden, dies ergibt ein ideales Schnittbild. Die Hydrostatik erleichtert durch die Flexibilität die Ausführung von Mehrspindel-Mähern, und sie ermöglicht eine Rücklaufdrehung der Spindeln bei Störungen. Die Rücklaufdrehung wird auch zum Lappen des Schneidwerkzeuges mit Schleifpaste eingesetzt. Technische Verbesserungen beziehen sich vor allem auf die Reparatur- und Instandsetzungsfreundlichkeit [1].

Um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, muß der schädliche Rasenfz entfernt und der Boden gelockert werden. Hierzu werden spezielle Bodenpflegegeräte verwendet. Der Vertikutierer zerreißt die Filzschicht und löst sie von der Rasenfläche ab [2; 5]. Neuerdings werden Mähmaschinen in Vertikutierer umfunktioniert, beispielsweise durch die Verwendung der I-förmigen Messer an Schlegelmhern [5] oder durch den Austausch von hydraulisch angetriebenen Spindeleinheiten (Bild 4, links) gegen Vertikutiereinheiten (Bild 4, rechts) an Spindelmhern. Bei leicht verdichtetem Boden belüftet der Aerifizierer durch Perfora-

tion die Bodenschicht bis zu 9 cm tief [2; 5; 10]. Bei starker Verdichtung lockert der Tieflockerer mit den vibrierenden oder stoßartig bewegten, gezogenen Messerrechen oder mit Erdmeieln den Boden bis zu einer Tiefe von etwa 25 cm [2].

Geräte zur Pflege von Wegen und Gräben

Für die Instandsetzung und Pflege von Wegen sind Schlepper ab 30 kW mit Frontlader, Drei-Seiten-Kipper und Heckplaniergert unerläßlich [11]. Das mit einem 1,8 bis 2,5 m breiten und schwenkbaren Schild versehene Heckplaniergert wird zum Nachprofilieren, Aufreißen, Abkanten von Banketten, Verteilen von Split und Schotter eingesetzt. Es wird an den Schlepper über die Dreipunkthydraulik angehängt (Bild 5).

Die Pflege von Gräben umfaßt die Entkrautung und Entschlammung der Grabensohle. Diese Reinigungsarbeiten können sowohl von einem Schlepper-Anbaubagger mit Tief- oder Profillffel, mit Mhkorb oder mit speziellen Trommelfrskrpern durchgeführt werden. Sie arbeiten ein Trapezprofil mit 0,3 m Sohlen- und 1,2 m Oberbreite bei Böschungswinkeln zwischen 35 Grad und 45 Grad heraus. Bei Verwendung von Frsern wird der Aushub seitlich bis zu 30 m weit weggeschleudert und gleichmäßig verteilt. Die Grabenfrse arbeitet gleichermaßen in trockenen wie in wasserführenden Gräben. In mehreren Arbeitsgängen können auch Abbschungen bis 2 oder 3 m Breite erzielt werden [11].

Flchenreinigungsgerte

Zur Reinigung von Flächen in Ortsstraßen, wie Fahrwegen, Bürgersteigen oder Hofflächen, wer-

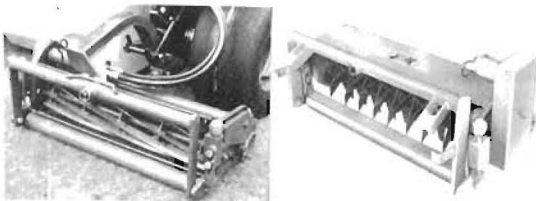


Bild 4: Austauschbare, hydraulisch angetriebene Spindeleinheit (links) und Vertikutiereinheit (rechts) (Werkbild Ransomes).



Bild 5: Heckplaniergert an einem landwirtschaftlichen Schlepper (Werkbild Pma).

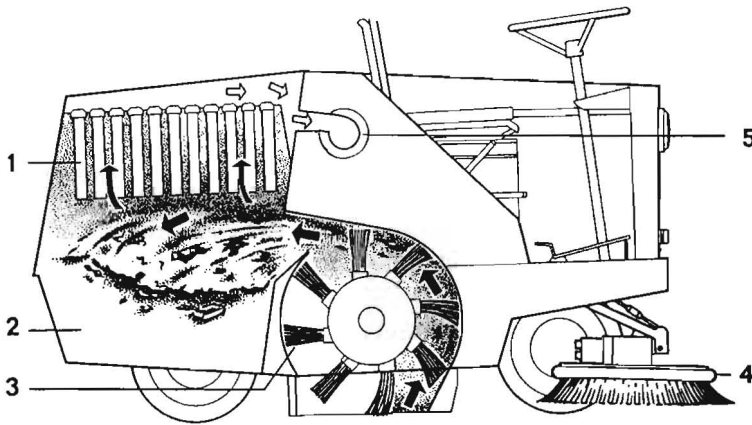


Bild 6: Selbstfahrende
Kehrsaugmaschine,
Funktionsprinzip:

- 1 Staubfilter
 - 2 Schmutzbehälter
 - 3 Hauptkehrwalze
 - 4 Seitenbesen
 - 5 Sauggebläse
- (Werkbild Hako)

den freikehrende Maschinen mit seitlich bis zu 45 Grad schwenkbaren, zwei- oder mehrteiligen Kehrwalzen eingesetzt. Sie werden meistens als Frontkehrmaschinen mit der Breite von 1,2 bis 1,5 m an Kommunalfahrzeuge angebaut und über Zapfwellen konzipiert. Bei Heckkehrmaschinen wird oft eine Staubabbindung durch eine Sprengvorrichtung erreicht, wobei zwischen Befeuchtung und Kehrarbeit eine Abbindezeit von etwa 2 Sekunden eingehalten werden muß.

Wo Staubentwicklung vermieden werden muß, werden selbstfahrende Kehrsaugmaschi-

nen (Bild 6) mit einer Breite von 0,7 bis 1,2 m oder Aufbaugeräte für Schmalspurmehrzweckfahrzeuge verwendet. Der Grobschmutz wird dabei durch Schwerkraft im großvolumigen Schmutzkasten abgeschieden und gesammelt, der feine Staub durch Gewebefilter – meist mit mechanischer Selbstreinigung ausgerüstet – abgeschieden. Ein oder zwei zuschaltbare rotierende Seitenbesen erweitern die Arbeitsbreite der Maschinen und ermöglichen ein sauberes Auskehren von Straßenkanten entlang von Mauern, Wänden und Rinnsteinen [11].

19. Landmaschinenprüfung

Landmaschinen werden seit 1887 in Deutschland geprüft. Seitdem hat die Landmaschinenprüfung einen langen Entwicklungsweg zurückgelegt [1 bis 6]. Im Laufe der Jahre hat sich die Prüfung den zunehmend komplexeren Maschinen und den gestiegenen Anforderungen der Landwirte anpassen müssen. Seit Gründung der DLG-Prüfungsabteilung im Jahre 1955 werden ständig den Anforderungen entsprechende Meß- und Auswerte-Einrichtungen angeschafft und Prüfstände und -einrichtungen entwickelt (Bild 1). Die der Prüfungsabteilung entstehenden Material- und Personalkosten können durch die Prüfungsgebühren nicht gedeckt werden. Daher fließen jährlich Zuwendungen seitens des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und der DLG in den Haushalt der Prüfungsabteilung.

Die Anzahl der jährlich zur Prüfung angemeldeten Maschinen, Geräte und Einrichtungen schwankt; sie hängt mit davon ab, ob im laufenden Jahr eine Ausstellung stattfindet, die zentrale Bedeutung hat. Im Mittel von zehn Jahren liegt die jährliche Anmeldung bei etwa 260 Stück. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei der Gebrauchswertprüfung, bei der die Beurteilung durch einen Prüfungsausschuß erfolgt, nur etwa 80 bis 85% der angemeldeten Maschinen die DLG-Anerkennung erhalten. Der Prüfungsausschuß setzt sich aus Vertretern der Landwirtschaft, der Wissenschaft und der Beratung zusammen; meist gehört ihm auch ein Vertreter einer Industriegruppe an, die keine wirtschaftlichen Interessen an dem zu beurteilenden Prüfgegenstand hat. Zur Zeit gibt es etwa 60 Prüfungsausschüsse.

Voraussetzung für eine fundierte Aussage im Prüfungsbericht ist neben dem Prüfverfahren selbst eine genügend lange Einsatzdauer der betreffenden Maschine, damit besondere Vorteile und gegebenenfalls vorhandene Schwachstellen erkannt werden können. Da moderne Land-

maschinen im allgemeinen hohe Investitionskosten erfordern, ist der Käufer zwar an einer verhältnismäßig frühzeitigen, aber auch zutreffenden Beurteilung interessiert.

Um diesem Wunsche nachzukommen und vor allem auch reproduzierbare Ergebnisse zu schaffen, werden für die Prüfung soweit wie möglich Prüfstände benutzt, um gleichmäßige Bedingungen einhalten zu können. Jedoch hat sich bei allen bisherigen Versuchen im In- und Ausland gezeigt, daß auf Feldversuche nicht verzichtet werden kann. Das ist auch der Weg, der in der internationalen Zusammenarbeit eingeschlagen werden kann: Laborversuche, soweit möglich, Einsatzversuche, soweit nötig. Die Randbedingungen mit den betroffenen Ländern zu erörtern, ist eine Aufgabe, die viel Sachverstand und Einfühlungsvermögen erfordert.

Landmaschinen und Geräte unterliegen einer Alterung, deren Fortschreiten von der Entwicklung (technisch, biologisch) beeinflußt wird. Daher gilt die DLG-Anerkennung, sofern nicht eher wichtige Änderungen an der Maschine durchgeführt werden, nur für die Dauer von fünf Jahren;



Bild 1: Zugkraft-Meßwagen, Messung am belasteten Schlepper.

eine Verlängerung ist unter bestimmten Bedingungen, gegebenenfalls in Verbindung mit einer Nachprüfung, möglich. Dabei sind auch die Fragen der Unfall- und Verkehrssicherheit zu prüfen, die nach dem Erkenntnisstand und entsprechenden Vorschriften berücksichtigt werden müssen.

Die DLG-Prüfungsabteilung untersucht sowohl Schlepper sowie Maschinen und Geräte für die Außenwirtschaft als auch solche für die Innenwirtschaft. Im folgenden Teil soll auf einige wichtige Einzelheiten hingewiesen werden.

Nach wie vor wird dem Schlepper großes Interesse entgegengebracht. Daher werden seine Kennwerte (Verbrauch, Leistung, Zugkraft, Hubvermögen) sowohl im Labor auf eigenen Prüfständen als auch auf der Prüfbahn (Bild 1) und im Ackereinsatz gemessen.

Funktionsprüfungen von Einzelmaschinen haben ebenfalls einen hohen Stellenwert. Dies sei am Beispiel eines Einzelkorn-Sägerates erläutert. Bild 2 zeigt die Prüfung des Korndurchsatzes eines Säorgans mit Hilfe einer Laboreinrichtung. Der Geber ist mit einem Zählgerät verbunden, so daß sich die Zellenbelegung direkt ablesen läßt. Gleichzeitig werden die Körner aufgefangen, damit auch ein Nachzählen von Hand möglich bleibt. Dies ist eine Teilprüfung, die dem Feldeinsatz vorgeschaltet ist.

Neben der Funktionssicherheit wird auch die Belastung des mit der Maschine umgehenden Menschen ermittelt, z.B. die Abgas- und Staubbelastung und die Geräuschbelastung. Bild 3 zeigt den Meßplatz für Einzelkorn-Sägeräte.

Für den Landwirt ist der Leistungsbedarf von Fahrzeugen, Geräten und Maschinen wesentlich, um überprüfen zu können, ob z.B. der vorhande-

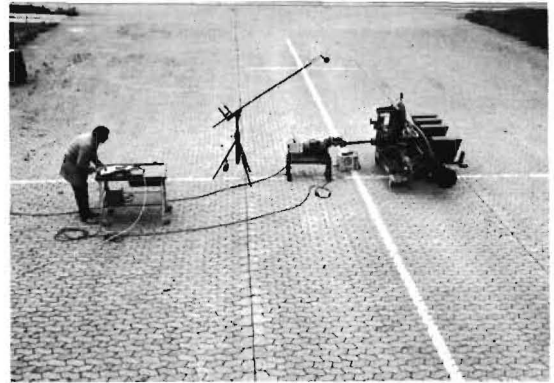


Bild 3: Geräuschmessung an einem pneumatischen Einzelkorn-Sägerät.

ne Schlepper zum Antrieb ausreicht. Dies kann sich sowohl auf die Zugkraft und Zugleistung als auch auf die Zapfwellenleistung beziehen. Bild 4 zeigt beispielsweise die Messung des Zapfwellenleistungsbedarfs eines Ladewagens mit einer Telemetrieanlage.

Die Prüfaufgaben in der Innenwirtschaft umfassen auch die Ermittlung des Stallklimas, um danach Lüftungsanlagen mit Regelung beurteilen zu können. Die entsprechenden Meßgeräte sind in einem Fahrzeug untergebracht, um in fertig installierter Ausführung am Meßort eingesetzt werden zu können. Gesteigerte Bedeutung für die Heizung hat die Wärmerückgewinnung aus der Stallluft gewonnen. Zur Beurteilung werden die dabei verwendeten Wärmetauscher zunächst auf dem Prüfstand unter konstanten Bedingungen geprüft und dann unter Stallbedingungen erprobt (Bild 5).



Bild 2: Feststellung der Zellenbelegung an einem Einzelkorn-Sägerät.



Bild 4: Vorbereitung zur Messung des Zapfwellenleistungsbedarfs mit Hilfe einer Telemetrie-einrichtung.



Bild 5: Volumenstrom-Messung an einem Wärmetauscher im landwirtschaftlichen Betrieb.

Um den Überblick zu verbessern und den Kostenaufwand – z.B. bei Rüstzeiten – zu senken, werden seit Jahren auf einzelnen Gebieten Gruppenprüfungen durchgeführt. Ihr Zustandekommen setzt voraus, daß die Produkte mehrerer Hersteller der gleichen Maschinenart einen etwa gleichen Entwicklungsstand besitzen; nach solchen Gruppenprüfungen folgen häufig mehrere Einzelprüfungen.

Die in den Jahren 1986 und 1987 mit Erfolg abgeschlossenen Prüfungen sind in der nachfolgenden Jahreszusammenstellung aufgeführt.

Jahreszusammenstellung 1986 und 1987

Zahl der Prüfungen in den Jahren	1986	1987
1. Schlepper		
a) mit OECD-Test	9	10
b) mit Gebrauchswertprüfung	–	1
c) Zubehör	3	3
2. Transportfahrzeuge		
a) Ladewagen	4	–
3. Bodenbearbeitungsgeräte		
a) Pflüge	5	1
b) Kreiseleggen	1	–
4. Geräte für Düngung und Beregnung		
a) Düngerstreuer	2	–
b) Flüssigmist-Tankwagen	–	3
c) Güllelagerung	3	2
d) Beregnungsmaschinen	1	–

Zahl der Prüfungen in den Jahren	1986	1987
5. Geräte für Bestellung und Pflege		
a) Drillmaschinen	3	5
6. Maschinen und Geräte für den Pflanzenschutz werden von der Biologischen Bundesanstalt geprüft		
7. Geräte für die Ernte		
a) Maispflücker	1	–
b) Mähdrescher	1	–
c) Mähwerke	–	3
d) Pressen	–	1
e) Kartoffel- und Rübenroder	2	1
8. Ernteaufbereitung		
a) Einlagerung	4	3
b) Lufterhitzer	–	3
c) Gebläse	–	2
d) Siloentnahme	–	1
9. Geräte für die Tierhaltung und Futterbereitung		
a) Weidezaungeräte	3	9
b) Gasstrahler für Ferkel	1	3
c) Schweinebuchten	3	12
d) Fütterungseinrichtungen	5	6
e) Tränkebecken usw.	4	4
f) Stalllüfter und Regelgeräte	48	25
g) Hammermühlen	1	–
h) Trächtigkeitsdiagnosegeräte	1	1
i) Stallbauteile	–	4
10. Fördereinrichtungen	2	4
11. Geräte für die Milchwirtschaft	3	–
12. Geräte für Garten- und Obstbau	3	1
13. Hofwirtschaft und Verschiedenes		
a) Zapfwellengenerator	1	1
b) Heumeß-Sonden	1	1
c) Hochdruck-Reiniger	3	–
d) Kettensägen	7	13
e) Rücke-Seilwinden	2	3
f) Bau- und Dachmaterial	4	7
g) Werkstattingeräte	–	5
14. Sicherheitskabinen/-rahmen für Schleppertypen	103	103

20. Arbeitswissenschaft

Allgemeines

Seit Kriegsende hat es beträchtliche Verschiebungen im Einsatz von Arbeitskräften gegeben. 1950 waren 5 Mio., 1985 jedoch nur 1,4 Mio. Erwerbstätige in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei beschäftigt. Damit sank ihr Anteil an der Wohnbevölkerung von 10,5 auf 2,3% und an den Erwerbspersonen von 22,8 auf 5%.

Die klassische Tätigkeit von Saisonarbeitern im Zuckerrüben-, Futter- und Getreidebau ist durch bessere Arbeitsorganisation, Mechanisierung und den sonstigen technischen Fortschritt stark eingeschränkt worden. Dagegen werden 30 bis 60% des Arbeitszeitbedarfs in Intensivkulturen (Obst, Gemüse und Wein) von Saison- und Teilzeitarbeitskräften erledigt. Dies trägt wesentlich zur Senkung der Fest- und Gesamtkosten in diesen Betrieben bei [1].

Arbeitsorganisation

Das KTBL schrieb seine Datensammlungen zur Arbeits- und Betriebsorganisation fort. Das bekannte KTBL-Taschenbuch „Landwirtschaft“ erschien in 13. Auflage [2]. Von 1987 an stehen für alle Benutzer in Wissenschaft, Beratung, Verwaltung und Praxis PC-Programme zur Verfügung, um betriebspezifische Modellrechnungen unmittelbar durchführen zu können [3].

Während die Ermittlung von Arbeitszeitbedarfswerten methodisch als nicht mehr problematisch zu bezeichnen ist, erfordert die Feststellung von Terminen und Zeitspannen erneute wissenschaftliche Anstrengungen.

Die Erarbeitung von Plandaten für den Bereich der Feldarbeiten wird mit einem Widerspruch konfrontiert: Einerseits sollen arbeitswissenschaftliche Planungshilfsmittel benutzerfreundlich, d.h. möglichst einfach sein. Auf der anderen Seite müssen die vielgestaltigen betriebs- und standortspezifischen Bedingungen berücksichtigt werden. Sie zwingen deshalb zu starker

Differenzierung und funktionaler Bewertung der wesentlichen Einflußgrößen.

Ein angepaßtes Analogiemodell wurde vorgestellt, das für den Zeitabschnitt der Frühjahrse Bestellung die Anzahl planungswürdiger Feldarbeitstage mit relativ hoher statistischer Genauigkeit schätzt. Eine Analyse der Unschärfe der einzelnen Modellparameter macht indes deutlich, daß trotz formal ausreichendem Datenumfang die mathematisch bestimmte Verlässlichkeit auf den einzelnen Differenzierungsebenen de facto nicht zu erwarten ist. So mußte die Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenarten auf extreme Standorte beschränkt werden [4].

Die Arbeitskapazitätsplanung in Abhängigkeit vom sich jahreszeitlich ändernden Witterungs- und Vegetationsverlauf bedarf stetiger Fortschreibung, sobald sich insbesondere die produktionstechnischen Anforderungen ändern. Die Zahl der verfügbaren Feldarbeitstage während der Frühjahrse Bestellung kann nach einem neuen Verfahren aufgrund von Klimabeobachtungen berechnet werden. Aus den Niederschlags- und Temperaturwerten läßt sich eine Größe ermitteln, die die Arbeitsmöglichkeiten in der Zeit vom 1. März bis 31. Mai täglich fortlaufend beschreibt. Anhand der Beobachtungen aus den Jahren 1951 bis 1980 sind Häufigkeitsverteilungen der Feldarbeitstage für jeden Halbmonat des Zeitraums März bis Mai und für rund 400 Klimastationen berechnet worden. Die Verteilungen der Stationen wurden unter statistischen und meteorologischen Gesichtspunkten zusammengefaßt. So entstanden elf Gebiete mit jeweils gleicher Zahl verfügbarer Feldarbeitstage [5].

Unfallgefährdung und Unfallhäufigkeit in der Landwirtschaft sind in vielen Ländern überdurchschnittlich hoch. Im Falle von bleibenden Schädigungen nach Arbeitsunfällen bereitet die Anpassung des landwirtschaftlichen Betriebes an die veränderte Arbeitssituation besondere Schwierigkeiten. Deshalb wurden die bei der Arbeits-

erledigung auftretenden Beeinträchtigungen in Abhängigkeit von der Schädigungsart und -höhe festgestellt. Für die Erhöhung des Zeitbedarfs wurden Werte von bis zu 26% beim Melken und 38% bei der Rinderfütterung ermittelt. Anpassungsmaßnahmen können im arbeitsorganisatorischen sowie im technischen und baulichen Bereich getroffen werden [6].

Arbeitsphysiologie

Arbeiten und Arbeitsverfahren sollten nicht nur nach ihrem Zeitbedarf, sondern auch nach ihrer Schwere, d.h. nach ihrer Belastung für den arbeitenden Menschen bewertet werden. In Anlehnung an das „Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse“ wurde deshalb versucht, aus 18 Einzelmerkmalen Daten für die Belastung abzuleiten. Am Beispiel der Melkarbeiten wurden damit erste Belastungsprofile ermittelt. Sie zeigen für unterschiedliche Melktechniken deutliche Belastungsspitzen. Auch in den gewichteten Mittelwerten für die Bereiche geistiger, körperlicher und Arbeitsumwelt-Belastung ergeben sich sehr praxisnahe Werte [7; 8].

Informationsverarbeitung bei der Maschinenbedienung

Die Fortschritte auf dem Sektor der Mikroelektronik haben zu erheblicher Veränderung der Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Maschine geführt. Mit dem Anwachsen der Aufgaben im Bereich der Informationsverarbeitung werden an die Bedienperson hinsichtlich Wahrnehmung, Umsetzung und Reaktionsverhalten neuartige Anforderungen gestellt. Mikrosensoren und -prozessoren eröffnen erfolgversprechende Wege, um zu einer größeren Leistungsausbeute, einer erhöhten Betriebssicherheit und Qualitätssicherung zu gelangen. Eine belastungsgerechte und leistungsfördernde Auslegung von Signalgebern und Informationsübertragungselementen muß auf die neurophysiologischen Leistungsgrenzen des Menschen ebenso Rücksicht nehmen wie auf die Instabilitäten menschlicher Reglerfunktionen in Abhängigkeit von Ermüdung, Einübungsgrad, Aktivierungsniveau, Schrecksituationen und dergleichen. Über die Vielzahl an Verhaltensmustern, das Wirkungsspektrum relevanter Einflußgrößen mit ihren Interdependenzen, gibt es zur Zeit nur recht unscharfe qualitative Vorstellungen.

Es wurde deshalb ein Versuchskonzept entwickelt, das geeignet ist, dieses komplexe systemergonomische Aufgabenfeld möglichst vollständig zu untersuchen. Es kombiniert umfassende Feldversuche mit flankierenden Labor-simulationen. Speziell entwickelte Schaltungen und Programme ermöglichen die synchrone Registrierung von Bild-, Ton- und Meßwertaufnahmen und eine automatische Datenübergabe an den Personal-Computer, der auch die Ablaufsteuerung und Auswertung der Simulationsaufgaben übernimmt [9; 10].

Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz

Von handgeführten Geräten, z.B. Motorsägen, ausgehende mechanische Schwingungen führen zu Beanspruchungen des Hand-Arm-Systems, die sowohl von Art und Größe der Schwingungsbelastung und der mitwirkenden Belastungsfaktoren als auch von individuellen Voraussetzungen abhängen. Es lassen sich akute, also unmittelbar während der Belastung nachweisbare, sowie chronische und damit erst nach langer Expositionsdauer sich manifestierende Wirkungen unterscheiden. Zur Verhütung gesundheitlicher Schädigungen, insbesondere der Berufskrankheiten Nr. 2103 (vorzeitiger Verschleiß von Knochen und Gelenken) und 2104 (Durchblutungs- und Nervenfunktionsstörungen an den Händen), sind vor allem technische und Präventivmaßnahmen erforderlich: Optimierung von Gummifederelementen nach Zahl und Lage, Werkstoffart, Formgebung und Massenverteilung, außerdem Vorsorgeuntersuchungen [11].

Auf den landwirtschaftlichen Betrieben der Bundesrepublik Deutschland ereigneten sich 1986 379 tödliche, 12.000 schwere und etwa 193.000 Unfälle überhaupt. Das sind etwa 100 Unfälle pro 1.000 Voll-AK im Vergleich zu 68 Unfällen pro 1.000 Voll-AK im Mittel aller Wirtschaftszweige. Es handelt sich also um bedenklich hohe Unfallraten, die Anlaß gaben, wissenschaftliche Untersuchungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit anzusetzen. Das BMFT fördert diese innerhalb seines Programms „Humanisierung der Arbeitswelt“.

Die bekannten Unfallanzeigen werden in der Regel ausgewertet, um Unfallschwerpunkte festzustellen, Kenntnisse über mögliche Unfallursachen zu gewinnen und um reale Ausgangspunkte für weiterführende und gezielte Gefährdungsanalysen zu finden. Dazu werden die zu meist nur nominal skalierten Daten seit langem

mit zweidimensionalen Häufigkeitszählungen untersucht.

Als Alternative dazu wurden a) log-lineare Analysen mehrdimensionaler Häufigkeitstabellen und b) logistische Regressionen angewendet. Sie gestatten, Signifikantstests durchzuführen. Diese geben Kriterien zur Unterscheidung von bedeutsamen oder nicht bedeutsamen Komponenten und vermitteln so objektive Entscheidungshilfen für gezielte Unfallverhütungsmaßnahmen. Mathematische Modelle werden gebildet, die den Einfluß der signifikanten Haupt- und Wechselwirkungen auf die Zahl und die Schwere der Unfälle quantitativ beschreiben [12].

Mehr als 50% aller Schlepperunfälle geschehen beim Auf- und Absteigen; davon allein 2/3 beim Absteigen. Nach einer Beinahe-Unfall-Untersuchung entstehen die wesentlichen Risiken durch schmutzige und nasse Stufen bei schlechtem Wetter, Betreten der ersten Stufe beim Aufsteigen, Abrutschen, Abspringen und Hängenbleiben.

Arbeits- und Bewegungsversuche wurden an einem Schlepperaufstiegssimulator durchgeführt. Daraus sind Daten abzuleiten, um die Breite, den Abstand, die Neigung und die Art der Trittstufen und andere Elemente des Aufstiegs ergonomisch und sicher zu gestalten [13; 14].

Bei der Rindviehhaltung geschehen besonders viele Unfälle. Deshalb sind Gefährdungsanalysen notwendig. Bei dem direkten Umgang mit Tieren bestehen besondere Gefahren beim Melken in Anbindeställen, bei dem An- und Losbinden von Tieren, beim Füttern, Versorgen, Führen und Verladen sowie bei der Klauenpflege, Heilbehandlung und Geburtshilfe, ebenso durch Sturz und Fall von Arbeitspersonen auf Gehwegen und in Ställen. Neben arbeitsorganisatorischen und tierverhaltensbedingten müssen vor allem auch bauliche und technische Unfallursachen in den Stallanlagen herausgestellt werden. Dazu zählen u.a. fehlerhafte Melktechnik, glatte, verschmutzte, unzureichend bemessene Versorgungswege, überhöhte Krippen und Futterplätze, zu knappe Standplätze mit tiefer Kotstufe, überalterte Anbindvorrichtungen und Futterraufen. Bauliche und technische Verbesserungsvorschläge wurden für die Aufstellungsformen Anbindestall, Liegeboxenlaufstall und Mastbullenstall und hier jeweils für Modernisierungsmaßnahmen sowie Um- und Neubauten abgeleitet [15].

Für die sicherheitsgerechte Gestaltung von Arbeitsplätzen in den Funktionsbereichen Stall- und Gebäudeeinrichtung, Entmistung, Futterlagerung

und Erschließung der Hofanlage wurden Arbeitsschutzziele aufgestellt und detaillierte Empfehlungen abgeleitet [16].

Das An- und Abhängen bzw. An- und Abbauen von landwirtschaftlichen Geräten, Maschinen und Transportfahrzeugen an Schleppern birgt ein hohes Gefahrenpotential in sich, da sich bei vielen Kupplungsvorgängen eine Person – meist der Schlepperfahrer – in den Gefährdungsbereich zwischen Schlepper und Gerät begeben muß. Automatische Kupplungssysteme, durch die diese Gefährdung ausgeschlossen werden könnte, setzen ein genaues Anfahren voraus, das in vielen Fällen auch noch durch die eingeschränkten Sichtverhältnisse auf den Kuppelbereich erschwert wird. Ziel von Untersuchungen im Institut für Biosystemtechnik der FAL ist daher die Entwicklung elektronischer Hilfsmittel, die diesen Mangel beheben.

Die Untersuchungen zur Standsicherheit von Dreiseiten-Kippanhängern beim Entladen nach hinten haben gezeigt, daß es allein durch technische Maßnahmen ohne Mehraufwand und ohne Mehrkosten möglich ist, standsichere Anhänger herzustellen. Eine auf der Untersuchungsmethode aufbauende Richtlinie zur Prüfung der Standsicherheit wurde zwischen der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV) und dem Bundesverband der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (BLB) vereinbart, so daß sich die Landwirte nunmehr durch den Kauf von auf Standsicherheit geprüften Anhängern vor Unfällen durch Umstürze schützen können [17].

Verfahren der Pflanzenproduktion

Verfahren der Halmguttechnik wurden zur Klärung der Frage untersucht, ob langfristig der höheren Flächenleistung oder der höheren Arbeitsproduktivität Vorrang einzuräumen ist. Für die Silomais- und Welksilageernte wurden das „Anhänge-“ und das „Parallelverfahren“ verglichen: Bis zu zweireihigen Anbau-Maishäckseln sollte das Anhängerverfahren, bei drei- und viereihigen Geräten jedoch das Parallelverfahren gewählt werden. Bei der Welksilageernte mit Selbstfahrern ist das Parallelverfahren unumgänglich. Sonst ist das Anhängerverfahren zu bevorzugen.

In der Diskussion wurde die Realisierung eines Anhängerverfahrens mit beschleunigtem Umhängen der Fahrzeuge vom Schleppersitz aus als günstig angesehen, da auf diese Weise sowohl eine vergleichsweise hohe Flächenleistung als

auch eine hohe Arbeitsproduktivität verwirklicht werden könnten. Von seiten der Industrie wurde darauf hingewiesen, daß das Umhängen der Fahrzeuge vom Schleppersitz aus auch für andere Arbeitsverfahren von Vorteil sei [18].

Verfahren der Tierproduktion

Die KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Technik und Bau in der Tierhaltung“ hat es sich zum Ziel gesetzt, die verschiedenen Haltungssysteme umfassend nach einer Vielzahl wichtiger Kriterien zu analysieren und zu bewerten, sie den unterschiedlichen Betriebsbedingungen zuzuordnen und Empfehlungen für die Weiterentwicklung zu geben. Sie möchte damit dem Landwirt und dem Berater bei der Entscheidung über künftige Investitionen helfen, gezielte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten anregen und für Verwaltung und Gesetzgebung wissenschaftlich abgesicherte Grundlagen zur Abschätzung der Folgen von Recht setzenden, in die Produktion eingreifenden Vorschriften bereitstellen. Für die Milchviehhaltung ist dieses Vorhaben abgeschlossen [19].

Als Teilaspekt derselben Zielsetzung wurden verschiedene Systeme der Milchviehhaltung

nach ihrem Investitions- und Arbeitszeitbedarf sowie den Kosten der Arbeitserledigung bewertet und verglichen. Dabei wurde der Wirkung folgender Einflußgrößen nachgegangen: Stallsysteme, Bestandsführung und -größe, umbauter Raum und Eigenleistung des Landwirts. Wegen ihres hohen Anteils an allen Aufwandsgrößen beinhalten das Melken und das Füttern wesentliche Ansatzpunkte zur Kostenreduzierung [20].

Zur Wahl zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung wurde folgendes empfohlen:

Der Weidegang mit Melken im Stall ist in arrondierten Betrieben vorteilhaft. Er gestattet eine durchschnittliche bis sehr gute Entlohnung je Arbeitspersonenstunde. Seine Konkurrenzfähigkeit läßt sich steigern, wenn feste Treibwege genutzt werden können.

Sommerstallfütterung ist dagegen dort vorzuziehen, wo Milchviehbestände bis etwa 30 Kühe im nicht arrondierten Betrieb gehalten werden, wo der Lohn je Arbeitspersonenstunde außergewöhnlich hoch angesetzt wird oder wo der Ein- und Austrieb beim Weidegang ungünstig ist. Grundsätzlich sollte dann aber auch die Haltung dieser Herden in Laufställen erfolgen, die dem angeborenen Verhalten der Tiere mehr entgegenkommen als Anbindeställe [21].

Literaturverzeichnis

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

1. Allgemeine Entwicklung

1.1 Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen

- [1] ● Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1987. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [2] ● Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft: Landwirtschaft – quo vadis? Die Landwirtschaft im nächsten Jahrzehnt, Arbeiten der DLG, Bd. 187. Frankfurt a. M.: DLG-Verlag, 1986.
- [3] ● Knauer, N.: Extensivierung der Landnutzung, Schriftenreihe „agrarspectrum“, Bd. 13. Frankfurt a. M.: Verlagsunion Agrar, 1987.
- [4] Schön, H.: Landtechnik für die Landwirtschaft der Zukunft. Mitteilungen der DLG 103 (1988) H. 1, S. 1-4.
- [5] Neander, E.: Bedeutung der strukturellen Entwicklung für die Arbeit in der Landwirtschaft. Vortragstagung der GAL und des DLG-Ausschusses für Arbeitswirtschaft. Wiesbaden: 12. 1. 1988.
- [6] ● Henrichsmeyer, W.: Existenzsicherung in der Landwirtschaft, Schriftenreihe „agrarspectrum“, Bd. 10. Frankfurt a. M.: Verlagsunion Agrar, 1985.
- [7] Dambroth, M.: Industriepflanzenbau – Rosige Zeiten erst 1990? Agrar-Übersicht 37 (1986) H. 6, S. 14-40.
- [8] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltprobleme der Landwirtschaft (Sondergutachten). Stuttgart u. Mainz: Verlag Kohlhammer, 1985.
- [9] ● Bundesregierung: Agrarbericht 1987.
- [10] ● Bundesregierung: Agrarbericht 1988.

1.3 Technische Regelwerke

- [1] Schlüter, A.: Landmaschinenbau international. Zusammenarbeit tut not. Landmaschinenmarkt 51 (1972) H. 14, S. 10-11.
- [2] Wischhof, H.-J.: EG: Vereinheitlichung der Sicherheitstechnik? AGRARTECHNIK 53 (1974) H. 12, S. 10-12.
- [3] Spiller, R.: Landmaschinen, Schlepper und internationale Gesetze. Landtechnik 29 (1974) H. 7, S. 283-289.
- [4] Sonnen, F. J.: Gesetzliche Regelungen für den landwirtschaftlichen Straßenverkehr. Landtechnik 30 (1975) H. 3, S. 111-116.
- [5] Wischhof, H.-J.: Technische Regelwerke und deren Einfluß auf die Entwicklung von Ackerschleppern. Landtechnik 32 (1977) H. 4, S. 162-163.
- [6] Dettbarn, K.: Normung bei Ackerschleppern und Landmaschinen. DIN-Mitt. 57 (1978) H. 7, S. 397-398.

- [7] Brübach, M.: Forderungen für die Arbeitssicherheit an Ackerschleppern. Landtechnik 33 (1978) H. 11, S. 473-475.
- [8] Wischhof, H.-J.: Sicherheitstechnische Anforderungen an Ackerschlepper aus der Sicht der Industrie. Landtechnik 33 (1978) H. 11, S. 476-477.
- [9] ● Berntsen, G.: Technische Regelwerke. 25 Jahre VDI-Fachgruppe Landtechnik. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1983, S. 71-79.
- [10] Heidt, H.: Die Arbeitsunfälle mit Landmaschinen und ihre Verhütung. Grundle. Landtechnik 32 (1982) H. 3, S. 78-85.
- [11] Wagner, G.: Zur deutschen und internationalen Tendenz der Produzentenhaftung und ihrer vielfältigen Auswirkungen. Grundle. Landtechnik 29 (1979) H. 1, S. 8-12.
- [12] Fichna, G.: Das neue deutsche Produkthaftungsrecht. Landtechnik 42 (1987) H. 11, S. 453.
- [13] Berntsen, G.: Der mühsame Weg zur Europäischen Harmonisierung technischer Regelwerke. Landtechnik 42 (1987) H. 11, S. 456-458.

1.5 Umwelttechnik

- [1] ● –,: Umweltprobleme der Landwirtschaft. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Verlag Kohlhammer, 1985.
- [2] ● –,: Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Verlag Kohlhammer, 1985.
- [3] ● Hötzel, H.-J.: Umweltvorschriften für die Landwirtschaft. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1986.
- [4] Hagemann, D.: Umweltrecht im landwirtschaftlichen Bauen. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 1073.
- [5] ● Bodenverdichtungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verhinderung. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986.
- [6] Sauerbeck, D.: Belastung, Beanspruchung und Verdichtung von Böden durch landwirtschaftliche Maschinen und deren Auswirkungen auf Bodengefüge, Bodenorganismen und bodenbiologische Prozesse sowie Pflanzenwachstum und Ertrag. Koordiniertes Forschungsvorhaben, BMFT-Förd. Kz. 0339060 G, 1987.
- [7] Sommer, G., Dambroth, M. und M. Zach: Konservierende Bodenbearbeitung. Agrar-Übersicht 38 (1987) H. 12, S. 12-16.
- [8] Estler, M.: Verfahrenstechnische Lösungen zur Verminderung der Bodenerosion. Landtechnik 42 (1987) H. 3, S. 118-119, H. 4, S. 166-170.
- [9] ● Batel, W.: Mikroelektronik in der Agrartechnik für den Umweltschutz. VDI/MEG-Kolloquium Landtechnik, Heft 4, 1987.
- [10] Krause, R.: Verfahrenstechnik des Separierens von Flüssigmist. Grundle. d. Landtechnik 37 (1987) H. 3, S. 19-97.

- [11] *Schuchardt, F.*: Zur Bedeutung des Luftporenvolumens für die Kompostierung organischer Schlämme. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 3, S. 108-115.
- [12] *Cumby, T. R.*: A review of slurry aeration. *Journal of Agric. Eng. Research* 36 (1986) H. 3, S. 141-206.
- [13] ● *Demuyne, M., Nyns, E. J. und W. Palz*: Biogas Plants in Europe. Deutsch: Biogasanlagen in Europa. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1985.
- [14] *Batel, W.*: Anwenderexposition und -risiko beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln. *Landbauforschung Völknerode, Sonderheft* 68, 1984.
- [15] *Batel, W.*: Ermittlung der Exposition beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln, sich daraus ableitende personengetragene Schutzeinrichtungen und Versuche zu ihrer Eignung. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 1, S. 1-11.
- [16] *Hinz, T.*: Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 6.

2. Traktoren

2.1 Gesamtentwicklung

- [1] --: Statistische Unterlagen der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV) im VDMA, Frankfurt/M., Stand 11.1987.
- [2] *Hopf, M.*: Chancen und Risiken der deutschen Landmaschinen-Industrie auf dem Weltmarkt. *Landtechnik* 42 (1987) H. 11, S. 446-449.
- [3] *Söhne, W.*: Zum Ende eines großen Namens. *Landtechnik* 41 (1986) H. 10, S. 432.
- [4] *Splinter, W. E.*: Is the American Food Machine Beginning to Rust? *Agric. Engineering* 67 (1986) H. 2, S. 27-29.
- [5] *Renius, K. Th.*: The Agricultural Tractor in the Year 2000. Vortrag, Simposio Internazionale Sulla Meccanizzazione Agricola, Bologna 13./14. 11. 1987.
- [6] *Wenner, H. L. u. G. Wendl*: Betriebsspezialisierung und Schlepperanpassung. Vortrag, VDI/MEG-Tagung Landtechnik, Ulm 23./24. 10. 1986.
- [7] *Ahrens, H.*: Traktorenbau unter erschwerten Rahmenbedingungen. *Landtechnik* 41 (1986) H. 1, S. 8-9.
- [8] ● *Schön, H. u. G. Olfe*: Entwicklung und Stand des Schlepper- und Maschineneinsatzes im Pflanzenbau. KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986.
- [9] *Schön, H.*: Landtechnik für die Landwirtschaft der Zukunft. Vortrag, Max-Eyth-Abend Frankfurt/M. 24. 11. 1987. Abdruck als Beilage DLG-Mitt. 103 (1988) H. 1.
- [10] *Renius, K. Th.*: Die Zukunft des Traktors und seiner Technik in Europa. *Landtechnik* 42 (1987) H. 10, S. 396-398.
- [11] *Renius, K. Th.*: Traktoren nutzen immer komplexere Techniken. *VDI-Nachr.* 41 (1987) H. 41, S. 70-71.
- [12] *Renius, K. Th.*: Der Traktor: Schlüsselmaschine der Landwirtschaft. *VDI-Berichte* 595 (1986), S. 227-248.
- [13] *Renius, K. Th.*: Zur Entwicklung des Traktors nach 1945. *Landtechnik* 41 (1986) H. 10, S. 420-426.
- [14] ● *Renius, K. Th.*: Traktoren, 2. Auflage. München: BLV-Verlag, 1987.
- [15] ● *Herrmann, K.*: Traktoren in Deutschland 1907 bis heute. Frankfurt/M.: DLG-Verlag, 1987.
- [16] *Renius, K. Th.*: Schlepper zwischen Komfort und Kosten. *DLG-Mitt.* 102 (1987) H. 21, S. 1128-1129.
- [17] *Gego, A. u. L. Fritz*: Eine neue Intrac-Generation. *Landtechnik* 42 (1987) H. 1, S. 25-29.
- [18] --: Trac-Technik mit gemeinsamer Zukunft. *Landtechnik* 42 (1987) H. 10, S. 431.
- [19] --: Firmenschriften der X. Fendt & Co. anlässlich des ZLF München, 1987.
- [20] --: Firmenschriften der Massey-Ferguson GmbH, Eschwege, 1987.
- [21] --: Tread-Laying Belts Propel New Ag Tractor. *Agric. Engineering* 68 (1987) H. 2, S. 16-18.
- [22] *Tillet, N. D. u. E. Audsley*: The Potential Economic Benefits of Gantries for Leaf Vegetable Production. *Journal of Agric. Eng. Research* 36 (1987) H. 1, S. 31-44.
- [23] *Simutis, A. u. B. Breuer*: Das Bremsverhalten schneller Ackerschlepper. *Grundl. d. Landtechnik* 33 (1983) H. 2, S. 35-40.
- [24] ● *Hoffmann, H.*: Über die Bremssicherheit landwirtschaftlicher Züge auf der Straße und im Gelände, VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 12, H. 76. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986.
- [25] *Göhlich, H. et al.*: Developments in tractor dynamics. Vortrag, AG ENG Internat. Conf. Noordwijkerhout, Holland 1.-4. Sept. 1986.
- [26] *Stahl, T.*: Fahrdynamische Simulation eines Ackerschleppers mit gefederter Vorderachse. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 3, S. 61-68.
- [27] *Weigelt, H.*: Vorderachsfederung für landwirtschaftliche Schlepper. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 2, S. 54-59 (siehe auch VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 14, H. 33, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987).
- [28] *Mertins, K. H. u. A. Gerhards*: Betrachtungen zur Elektronik-Anwendung bei Traktoren. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 5, S. 144-150.
- [29] *Auernhammer, H.*: Anwendungsmöglichkeiten der Agrarelektronik in der Pflanzenproduktion. *Landtechnik von morgen* (Schlüter), Folge 25 (1986), S. 2-25.
- [30] *Speckmann H. u. G. Jahns*: Grundlagen zur Geschwindigkeitsmessung auf fahrenden landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 3, S. 78-86.
- [31] *Biller, R. H. u. R. Artmann*: Elektronik in der pflanzlichen Produktion, Teil I: Ackerschlepper und Bodenbearbeitung. DLG-Manuskript Nr. 071. Frankfurt/M. 1986.
- [32] *Bergmann E., Kipp, J.-C. u. H. Göhlich*: Experiences on optimization algorithms for heavy tractor operations. *Proc. Agrimation 2*, Chicago 3/5. 3. 1986.
- [33] ● *Jahns, G. u. H. Steinkampf*: Einsatzoptimierung des Systems Schlepper-Boden-Gerät. VDI/MEG-Kolloquium, Heft 3 „Bodenbearbeitung und Saat“, S. 231-244. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [34] *Claar, P. W.*: Simulation Modelling of Agricultural Tractor Performance and Mobility. SAE-paper Nr. 872015 (1987) darin 176 weitere Literaturhinweise.
- [35] ● *Kipp, J. C.*: Das Lastschaltgetriebe als Voraussetzung zur Optimierung und Automatisierung schwerer Zugarbeiten. VDI/MEG-Kolloquium, Heft 3 „Bodenbearbeitung und Saat“, S. 251-257. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.

- [36] *Nienhaus, C.*: Schnittstellen und Freiräume beim System Ackerschlepper/Gerät. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 2, S. 50-54.
- [37] *Bertram, H. H.*: Praxisbewertung landwirtschaftlicher Traktoren bezüglich Handhabung und Wartung. Vortrag, VDI/MEG-Tagung Landtechnik, Ulm 23./24. 10. 1986.
- [38] –,: Reparatur und Wartung: Sind Kostensenkungen möglich? *Landtechnik* 42 (1987) H. 1, S. 12-15.
- [39] *Otto, F.-K.*: Wartung und Instandhaltung von Landmaschinen. DLG-Manuskript Nr. 073, Frankfurt/M. 1986.
- [40] ● *Auer, S. u. W. Kletzl*: Handbuch für Reparaturen an Landmaschinen und Traktoren, 2. Auflage. München: BLV-Verlag, 1985.
- ## 2.2 Motor und Getriebe
- [1] *Steinkampf, H.*: Schlepper auf der Agritechnica 1985 – Trends und Weiterentwicklungen. *Landtechnik* 41 (1986) H. 1, S. 15-17.
- [2] *Koppenhöfer, D. u. W. D. Körner*: Entwicklungstendenzen bei Traktor-Dieselmotoren. Seminarvortrag, Institut für Landmaschinen TU München, 20. 2. 1986.
- [3] *Renius, K. Th.*: Sparsam mit viel Durchzug, Bayer. Landw. Wochenblatt 177 (1987) H. 50, S. 33-34.
- [4] *Renius, K. Th. u. G. Bumcke*: KHD-interner Bericht 28. 5. 1980.
- [5] *Woschni, G. Kolesa, K. u. W. Spindler*: Isolierung der Brennraumwände – ein lohnendes Entwicklungsziel bei Verbrennungsmotoren? *MTZ* 47 (1986) H. 12, S. 495-500.
- [6] *Zernig, N.*: Hochleistungsdieselmotor mit Keramikbauteilen. *Landtechnik* 42 (1987) H. 10, S. 399-400.
- [7] *Schittler, M.*: Traktordieselmotoren: Anforderungen und Entwicklungstendenzen. Vortrag VDI/MEG-Tagung Landtechnik, Braunschweig 22./23. 10. 1987.
- [8] –,: Informationsmaterial der Firma Daimler-Benz AG.
- [9] –,: Unterlagen der Steyr-Daimler-Puch AG über die Entwicklung des gekapselten Motorkonzeptes M1 (1987).
- [10] *Niehaus, R. A. et al.*: Cracked Soybean Oil as a Fuel for a Diesel Engine. *Transactions ASAE* 29 (1986) H. 3, S. 683-689.
- [11] *Sutor, K.-H.*: Erfahrungen mit Raps als Energielieferant. *Landtechnik* 41 (1986) H. 11, S. 468-469.
- [12] *Schäfer, W.*: Rübsenöl-Dieselölmischung als Kraftstoff für Schlepper unter extrem klimatischen Bedingungen. *Landtechnik* 41 (1986) H. 11, S. 469-471.
- [13] *Finsterwalder, G. u. K. Maurer*: Schlepper mit Zweistoffmotor für Biogas und Dieselkraftstoff. *Landtechnik* 41 (1986) H. 10, S. 426-431.
- [14] *Schlautmann, N. J., Schinstock, J. L. u. M. A. Hanna*: Unrefined Expelled Soybean Oil Performance in a Diesel Engine. *Transactions ASAE* 29 (1986) H. 1, S. 70-80.
- [15] *Kaufmann, K. R. et al.*: Field Evaluation of Sunflower Oil/Diesel Fuel Blends in Diesel Engines. *Transactions ASAE* 29 (1986) H. 1, S. 2-9.
- [16] *Schoedder, F. u. G. Vellguth*: Umweltverträglichkeit alternativer Kraftstoffe. *Landtechnik* 42 (1987) H. 10, S. 401-404.
- [17] *Pak, M. u. A. Alexi*: Praktische Erfahrungen mit Pflanzenölen als Kraftstoff für Dieselmotoren. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 1, S. 54-61.
- [18] *Dohne, E.*: Pflanzenöl als Motortreibstoff. *AGRAR-TECHNIK* 66 (1987) H. 10, S. 16-23.
- [19] –,: Unterlagen der Daimler-Benz AG über den versuchsweisen Betrieb eines MB-trac 900 mit Rapsöllettsäuremethylester (1987).
- [20] *Ishii, Y. u. R. Takeuchi*: Transesterified Curcas Oil Blends for Farm Diesel Engines. *Transactions ASAE* 30 (1987) H. 3, S. 605-609.
- [21] *Chaplin, J. u. R. B. Janius*: Ethanol Fumigation of a Compression-Ignition Engine Using Advanced Injection of Diesel Fuel. *Transactions ASAE* 30 (1987) H. 3, S. 610-614.
- [22] –,: 4000 km auf Achse und reines Pflanzenöl im Tank. *Landtechnik* 42 (1987) H. 1, S. 20.
- [23] –,: Firmenschriften der Massey-Ferguson GmbH, Eschwege, 1987.
- [24] –,: Firmenschriften der X. Fendt & Co., Marktoberdorf, 1987.
- [25] *Ketterling, E., Lenke, J. u. J. Horsch*: New Series of Large Row Crop Tractors from Case IH. SAE-paper 871641 (1987).
- [26] *Nikolaus, H. W.*: Moderne Schleppergetriebe – Fortschritt durch elektronisch gesteuerte Lastschaltung. Vortrag, VDI/MEG-Tagung Landtechnik, Braunschweig 22./23. 10. 1987.
- [27] *Renius, K. Th.*: Schalten ist kein Geheimnis (Interview zur Traktorgetriebeentwicklung). Bayer. Landw. Wochenblatt 177 (1987) H. 6, S. 34-38.
- [28] *Schulz, H.*: Zum Stand der Zapfwellentechnik. *agrartechnik* 37 (1987) H. 7, S. 311-314.
- [29] *Renius, K. Th.*: Was muß der Landwirt bei der Getriebewahl beachten? Vortrag, Landwirtschaftskammer Kiel, Neumünster 15. 1. 1987.
- [30] ● *Renius K. Th.*: Traktoren, 2. Auflage. München: BLV-Verlag, 1987.
- [31] *Schulz, H. et al.*: Zum Verlustverhalten von Traktorgetrieben – Überblick zum Stand. *agrartechnik* 37 (1987) H. 2, S. 80-84.
- [32] *Renius, K. Th.*: Nochmals: Was leisten Schlepper wirklich? *DLG-Mitt.* 102 (1987) H. 24, S. 1275.
- [33] *Eckhardt, F.*: Schmierung stationärer Zahnradgetriebe mit synthetischen Ölen. *VDI-Z* 128 (1986) H. 18, S. 717-722.
- [34] *Schmidt, M. u. H.-J. Drexler*: Kupplungen für Ackerschlepper – Auslegung und Prüfung von Kupplungsbelägen. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 5, S. 151-159.
- [35] *Keck, K.*: Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Schlepperkupplungen. LUK Kupplungskolloquium Baden-Baden 14. 4. 1986.
- [36] *Maucher, P.*: Optimierte Kupplungsauslegung: Ausrückkraft und Komfort. LUK Kupplungskolloquium Baden-Baden 14. 4. 1986.
- [37] *Joachim, F. J.*: Festigkeitsnachweis bei Fahrzeuggetrieben durch Versuch und Berechnung. *VDI-Berichte* 626 (1987), S. 169-188.
- [38] *Winter, H.*: Grundgedanken, Aufbau und Handhabung von DIN 3990 und ISO 6336. *VDI-Berichte* 626 (1987), S. 1-18.
- [39] *Renius, K. Th.*: Application of load spectra to gear calculation. Vortrag, IFToMM Gearing Committee Meeting, Trois Epis (Frankr.) 16. 3. 1987.
- [40] *Schumann, R.*: Sichere Auslegung von Zahnradgetrieben. Bericht über eine VDI-Tagung. *Antriebstechnik* 28 (1987) H. 7, S. 29-33.

- [41] Brändlein, J. u. H.-K. Lörösch: Schmutzgeschützte Wälzlager in Kraftfahrzeuggetrieben. VDI-Berichte 579 (1986) S. 253-268.
- [42] Jantzen, E.: Nachweis von festen Fremdstoffen in Schmierölen. Antriebstechnik 26 (1987) H. 8, S. 25-29.
- [43] Lörösch, H. K.: Neues Verfahren zur Bestimmung der Lebensdauer von Lagern in Zahnradgetrieben. VDI-Berichte 626 (1987) S. 267-282.
- ### 2.3 Reifen – Reifen/Boden-Verhalten
- [1] –,: Bewegung im Reifenmarkt, Radialreifen mit steigendem Marktanteil. AGRARTECHNIK 65 (1986) H. 11, S. 22-23.
- [2] Wuschek, A. A.: Wie die Reifen, so die Tragkraft. dlz 37 (1986) H. 10, S. 1425-1432.
- [3] Porterfield, J. W. u. T. G. Carpenter: Soil compactions: An index of potential compaction for agric. tires. Trans. ASAE 29 (1986) H. 4, S. 917-922.
- [4] Bolling, I.: How to predict soil compaction from agricultural tires. Journal of Terramech. 22 (1986) H. 4, S. 205-223.
- [5] ● Krause, R. u. H. Steinkampf: Die Befahrbarkeit des Bodens. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 89-104.
- [6] Sommer, C.: Bodenverdichtungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. Landtechnik 41 (1986) H. 9, S. 383-384.
- [7] Steinkampf, H.: Reifen – Bindeglied zwischen Schlepper und Boden. DLG-Mitteil. 100 (1987) H. 20, S. 1080-1083.
- [8] Renius, K. Th.: Der Traktor, Schlüsselmaschine der Landwirtschaft. VDI-Berichte Nr. 595 (1986), S. 227-248.
- [9] Döll, H.: Bodenschonende Fahrwerke für die Landtechnik. agrartechnik 37 (1987) H. 6, S. 258-259.
- [10] Karczewski, T. u. a.: Soil deformation by tractor tire and its measurement by penetrometer. 3. Europäische ISTVS-Konferenz, Warschau 1986 2, S. 45-49.
- [11] Sonderhoff, W.: Wirkung schwerer Fahrzeuge auf den Boden. Landtechnik 42 (1987) H. 10, S. 405-407.
- [12] Schoenmakers, A. and A. Koolen: Measuring traffic-induced stresses at the interface of soil layers of contrasting stiffness. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 267-274.
- [13] ● Bolling, I.: Beanspruchung des Bodens beim Schlepper- und Maschineneinsatz. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 49-71.
- [14] ● Bolling, I.: Bodenverdichtung und Triebkraftverhalten bei Reifen – Neue Meß- und Rechenmethoden. Diss. TU München 1987. MEG-Forsch. Ber. Agrartechnik Nr. 133.
- [15] –,: Bodendruckreduzierung durch geeignete Reifenwahl. Landtechnik 42 (1987) H. 12, S. 527.
- [16] Pollock, D., J. V. Perumpral u. a.: Finite element analysis of multipass effects of vehicles on soil compaction. Trans. ASAE 29 (1986) H. 1, S. 45-50.
- [17] Burt, E. C., R. K. Wood: Three-dimensional tire deformation on deformable surfaces. Trans. ASAE 30 (1987) H. 3, S. 601-604.
- [18] Burt, E., Bailey, A., K. Wood: Effects of soil and operational parameters on soil-tire interface stress vectors. Journal of Terramech. 24 (1987) H. 3, S. 235-246.
- [19] Burt, E. C., Wood, R. K., A. C. Bailey: A three-dimensional system for measuring tire deformation and contact stress. Trans. ASAE 30 (1987) H. 2, S. 324-327.
- [20] Abeels, P.: Off the road tires, concepts and applications. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 244-248.
- [21] Boonsinsuk, P., R. N. Yong u. a.: Characterisation of tires in studies of tire-soil interaction. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 249-256.
- [22] Febo, P. u. a.: Contact area tests of a new wide section agricultural tire. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 236-243.
- [23] Yu Qun u. a.: On the modelling and simulation of tire-soil systems. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 257-266.
- [24] Bolling, I.: Cycloidic share test. 2. Symposium über geländegängige Fahrzeuge. Battelle-Institut Frankfurt, 1986.
- [25] Bolling, I.: Zykloldische Scherversuche. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986), S. 104-115.
- [26] Dwyer, M.: Prediction of drawbar tests performance. Journal of Terramech. 24 (1987) H. 2, S. 169-177.
- [27] Hohl, G.: A method to determine coefficient of traction-slip relation-ship of tyres „in situ“-tests. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 331-338.
- [28] Upadhyaya, S. u. a.: Development of a unique, mobile, single wheel traction testing machine. Trans. ASAE 29 (1986) H. 5, S. 1243-1246.
- [29] Walker, J. T.: Dyna-bite tractor tire attachment performance in clay soil. Trans. ASAE 29 (1986) H. 5, S. 1213-1217.
- [30] Zwaenepoell, P., A. Hunter u. a.: Critical descent slopes for agricultural tractors on grass. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 355-361.
- [31] Dwyer, M.: The tractive performance of a wide, low pressure tyre compared with conventional tractor drive tyres. Journal of Terramech. 24 (1987) H. 3, S. 227-234.
- [32] Blaisdell, G.: Trailing-tire motion resistance in shallow snow. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 296-304.
- [33] Grez, J. u. a.: Analysis of rolling resistance with driven wheels. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 275-287.
- [34] Hassan, A., D. Culshaw u. a.: Performance study of high flotation tires using the Niae testers. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 323-330.
- [35] Crolla, D., A. El-Razaz u. a.: A model to predict the combined lateral and longitudinal forces on an off-road tyre. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 362-372.
- [36] Crolla, D., A. El-Razaz: Review of the combined lateral and longitudinal force generation of tyres on deformable surfaces. Journal of Terramech. 24 (1987) H. 3, S. 199-225.
- [37] Karafiath, L.: Tire-soil interaction model for turning (steered) tires. Journal of Terramech. 23 (1986) H. 3/4, S. 153-170.
- [38] Agarwalla, J. und D. Gee-Clough: Steering forces on cage-wheels and tyres in puddled clay soil. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 636-643.
- [39] Schwanghart, H.: Influence of tyre tread on steering forces with non driven tyres on hard surface. Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona 1987, S. 627-635.
- [40] Dudzinski, P.: The problems of multi-axle vehicle drives. Journal of Terramech. 23 (1986) H. 2, S. 85-93.
- [41] Oida, A.: Turning behaviour of articulated – frame – steering tractors (Part 2). Journal of Terramech. 24 (1987) H. 1, S. 57-73.

- [42] *Bashford, L., Bergen, K., Waly, T., Ling Xiaoxian*: Performance comparisons between duals and singles on the rear axle of a front wheel assist tractor. *Trans. ASAE* 30 (1987) H. 3, S. 641-645.
- [43] *Heine, A.*: Bodenschonende Fahrwerke landwirtschaftlicher Transportanhänger. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 2, S. 42-49.
- [44] –,: Nicht verdichten, bodenschonendes Befahren und Bearbeiten. *AGRARTECHNIK* 65 (1986) H. 11, S. 90-93.
- [45] *Abeels, P.*: Testing off-road tires. 2. Symposium über geländegängige Fahrzeuge. Battelle-Institut Frankfurt, 1986.
- [46] *Döll, H. u. a.*: Internationale Tendenzen zur Verringerung der Bodenbelastung durch Fahrwerke landwirtschaftlicher Maschinen. *agrartechnik* 36 (1986) H. 2, S. 58-61.
- [47] ● *Isensee, E.*: Untersuchungen mit verschiedenen Maschinen und Arbeitsverfahren. *KTBL-Schrift* 308, Darmstadt 1986, S. 105-117.
- [48] *Köller, K.*: Nicht immer braucht man Breitreifen. *DLG-Mitteil.* 102 (1987) H. 6, S. 302-304.
- [49] *Lischka A.*: Terra- und Breitreifen unterscheiden. *DLG-Mitteil.* 102 (1987) H. 24, S. 1280.
- [50] *Neunaber, M.*: Mit superbreiten Sohlen den Boden schonen. *top agrar* 13 (1984) H. 12, S. 60.
- [51] ● *Seifert, V. u. H. Seufert*: Auswirkung verschiedener Fahrwerke und Schlepperbereifungen auf das Bodengefüge. In: *KTBL-Schrift* 308, Darmstadt 1986, S. 119-136.
- [52] *Brenndörfer, M.*: Variable Luftdruckeinstellung – eine echte Alternative zum Niederquerschnittreifen. *Landtechnik* 42 (1987) H. 10, S. 408-409.
- [53] –,: Variabler Reilendruck gegen Bodenverdichtungen. *DLG-Mitteil.* 102 (1987) H. 17, S. 906-907.
- [54] *Beres, W.*: Modelling of tyre enveloping against terrain roughness. *Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona* 1987, S. 441-448.
- [55] *Kutzbach, H., H. Schrogl*: Dynamic behaviour of rolling tractor tires. *Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona* 1987, S. 457-464.
- [56] *Orlandi, A. u. a.*: Effects of vibration on rolling resistance. *Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona* 1987, S. 523-530.
- [57] –,: Diagonal oder Radial. *AGRARTECHNIK* 65 (1986) H. 9, S. 38-41.
- [58] –,: Frontreifen für Allradsschlepper. *AGRARTECHNIK* 65 (1986) H. 9, S. 34-36.
- [59] *Trautwein, W.*: Loopwheel suspension system development status. *Proceed. 9th Int. Conf. ISTVS – Barcelona* 1987, S. 907-914.
- [60] *Burt, E. C., Taylor, J. H., L. G. Wells*: Tractor characteristics of prepared traffic lanes. *Trans. ASAE* 29 (1986) H. 2, S. 393-401.
- [4] *Garbers, H.*: Belastungsgrößen und Leistungsbilanzen von Schlepperhydrauliksystemen. o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 30 (1986) H. 11, S. 815-820.
- [5] *Garbers, H.*: Belastungsgrößen und Wirkungsgrade in Schlepperhydrauliksystemen. *VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 14*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986.
- [6] *Klotzbücher, W.*: Energieverluste in Hydrauliksystemen von Ackerschleppern. *Grundl. d. Landtechnik* 34 (1984) H. 6, S. 247-254 oder o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 29 (1985) H. 5, S. 391-401.
- [7] *Hesse, H.*: Mit Radar in die Furche. *Fluid* 19 (1985) H. 11, S. 18-19.
- [8] –,: EHR elektronische Schlupfregelung. *AGRARTECHNIK* 64 (1985) H. 12, S. 36-39.
- [9] –,: Antischlupfregelung für Ackerschlepper. o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 29 (1985) H. 12, S. 871-872.
- [10] *Kötter, W.*: Anforderungen an hydraulische Zusatzventile für Ackerschlepper. o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 28 (1984) H. 5, S. 325-329.
- [11] *Krause, B.*: Hydraulik wird vielseitiger. *AGRARTECHNIK* 65 (1986) H. 11, S. 44-46.
- [12] *Wilkins, D.*: Ist die hydraulische Steckdose universell einsetzbar? *Fluid* 19 (1985) H. 4, S. 16-22.
- [13] –,: Traktoren 1987 Datenübersicht. *dlz* 38 (1987) H. 11, S. 1332-1364.
- [14] –,: Notizen. *dlz* 38 (1987) H. 3, S. 477.

2.5 Fahrerplatz – Fahrsicherheit – Fahrdynamik

- [1] ● *Göhlich, H.*: Mensch und Maschine. *Parey Studentexte* 41, Hamburg/Berlin. Paul Parey Verlag, 1987.
- [2] *Göhlich, H.*: The Development of Tractors and other Agricultural Vehicles. *Journal of Agric. Eng. Research* 29 (1984), S. 3-16.
- [3] *Crolla, D. A.*: Off-road Vehicle Dynamics. *Vehicle System Dynamics* (1986) H. 10, S. 253-266.
- [4] *Dupuis, H.*: Beanspruchung des Menschen durch mechanische Schwingungen. *Forschungsbericht Ganzkörperschwingungen, Hauptverband der gewerbl. Berufsgenossenschaften* 1984.
- [5] *Göhlich, H.*: New Developments for Increase Safety and Comfort of Tractor. *Proceeding of the IXth Int. Ergonomics Symposium in Agriculture and Forestry, Kuopio, Finland, June 9-12 1987*.
- [6] *Almquist, R.*: Physical Strain when Using a Farm Tractor in Forest Work. *Proceeding of the IXth Int. Ergonomics Symposium in Agriculture and Forestry, Kuopio, Finland, June 9-12 1987*.
- [7] *Kauß, W., H. Weigelt*: Die gefederte Traktorkabine – verbesserter Schwingungsschutz und Fahrkomfort. *Landtechnik* 35 (1980) H. 8/9, S. 396-401.
- [8] *Kaus, W.*: Aktive, hydraulische Schwingungsisolierung des Fahrerplatzes ungefederter geländegängiger Fahrzeuge. *Diss. TU Berlin* 1981 – *Forschungsbericht Agrartechnik, ATZ* 84 (1982) H. 9, S. 425-434.
- [9] –,: Gefederte Kabine im landwirtschaftlichen Schlepper. *Fachbeitrag von Renault-Versuchsabteilung SIMA* 1987.
- [10] *Jansen, J.*: Bewertungsmaßstäbe für den Klimazustand in Fahrerarkabinen. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 4, S. 117-122.

2.4 Schlepperhydraulik

- [1] *Matthies, H. J.*: Entwicklungslinien auf dem Gebiet der Schlepperhydraulik. *Grundl. d. Landtechnik* 24 (1974) H. 1, S. 31-40.
- [2] *Garbers, H., B. Scheutler*: Hydrostatische Antriebe und Steuerungen in Landmaschinen und Ackerschleppern. o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 26 (1982) H. 7, S. 495-501.
- [3] *Garbers, H., D. Wilkins*: Anwendungen der Hydrostatik in Landmaschinen und Ackerschleppern. o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 28 (1984) H. 9, S. 541-547.

- [11] Zander, J.: The Design of Optimum Working Postures in Agriculture and Forestry. Proceeding of the IXth Int. Ergonomics Symposium in Agriculture and Forestry, Kuopio, Finnland, June 9-12 1987.
- [12] Ojanen, K.: Method for Measuring Location and Properties of Tractor Controls. Proceeding of the IXth Int. Ergonomics Symposium in Agriculture and Forestry, Kuopio, Finnland, June 9-12 1987.
- [13] -, -: Schlepperaufsteige nach wie vor Unfallschwerpunkte. Landtechnik 42 (1987), S. 488.
- [14] Häkkinen K. et al.: Access to and from a Tractor Cab. Proceeding of the IXth Int. Ergonomics Symposium in Agriculture and Forestry, Kuopio, Finnland, June 9-12 1987.
- [15] Parnow, A.: Experimentelle Untersuchungen des Einflusses von Schwingungstilgern und Vorderachsfeederungen auf das fahrdynamische Verhalten von landwirtschaftlichen Traktoren. Unveröffentlichte Diplomarbeit TU Berlin LTBM, 1986.
- [16] Weigelt, H.: Vorderachsfeederung für landwirtschaftliche Schlepper. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 2, S. 54-59.
- [17] Weigelt, H.: Schwingungseigenschaften vorderachsgefederter landwirtschaftlicher Traktoren. VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 14, Nr. 33, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.
- [18] Tang, J. S., D. A. Crolla: Agricultural Tractor Suspension and its Effect on Implement Performance. 9th Int. Conference Proceedings Vol. II ISTVS (1987), S. 504-514.
- [19] Göhlich, H., Schütz, F., H. Jungerberg: Untersuchungen zum vertikalen Schwingungsverhalten von Ackerschleppern. Grundl. d. Landtechnik 34 (1984) H. 1, S. 13-18.
- [20] Kising, A., H. Göhlich: Schwingungsverhalten rollender Reifen. Landtechnik 39 (1984) H. 10, S. 448-449.
- [21] Kising, A.: Kennwertermittlung von AS-Reifen für höhere Fahrgeschwindigkeiten als Basis numerischer Simulation. Vortrag, VDI-MEG Tagung Landtechnik, Braunschweig 22./23. 10. 83.
- [22] Kutzbach, H. D., H. Schrogl: Dynamic Behaviour of Rolling Tractor Tires. 9th Int. Conference ISTVS (1987) Proceeding Vol. II, S. 457-464.
- [23] Petrens, D.: Modellierung des dynamischen Verhaltens großvolumiger Nutzfahrzeugeigreifen. Unveröffentlichte Diplomarbeit TU Berlin, 1987.
- [24] Captain, K. M., Boghani, A. B., D. M. Wormley: Analytical Tire Models for Dynamic Vehicle Simulation. Vehicle-System Dynamics (1979), S. 1-32.
- [25] Brenndörfer, M.: Variable Luftdruckeinstellung – eine echte Alternative zum Niederquerschnittreifen? Landtechnik 42 (1987) H. 10, S. 408-409.
- [26] Kim, Kyeong UK, G. E. Rehkgugler: A Review of Tractor Dynamics and Stability. Trans. ASAE 30 (1987) H. 3, S. 615-623.
- [27] Stahl, T.: Fahrdynamische Simulation eines Allradschleppers mit gefederter Vorderachse. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986).
- [28] Antoun, R. J., Jackert, P. B., O'Leary, M. C., A. Sitchin: Vehicle Dynamic Handling Computer Simulation Model Development, Correlation and Application Using ADAMS. SAE-Paper 960574. Society of Automotive Engineers, Inc. 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096.
- [29] Ellis, W. R., McIsaac, D. A., D. G. Sokol: Electronic Instrumentation for World Agricultural Tractors. ASAE-Paper Nr. 86-1090, ASAE St. Joseph Michigan 1986.
- [30] Jahns, G. H., Speckmann, R. Möller: Fahrerinformation als Hilfsmittel der Optimierung beim Einsatz von Ackerschleppern. Grundl. d. Landtechnik 35 (1985), S. 195-202.
- [31] ● Kipp, J. C.: Optimierung des Leistungsumsatzes von Traktoren durch den Einsatz elektronischer Hilfsmittel. VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 14, Nr. 35. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.
- [32] ● Bergmann, E.: Entwicklung und Anwendung von Hard- und Softwarewerkzeugen zur Leistungs- und Einsatzoptimierung von Traktoren. Diss. TU Berlin, 1987.
- [33] Kipp, J.-C., E. Bergmann: Schaltanzeigen für Traktoren – Strategien, Aufbau, Feldversuch. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986), S. 22-30.
- [34] Mertins, K.-H.: Theoretische und apparative Voraussetzungen zur Traktoreinsatzoptimierung mit Hilfe von Fahrerinformationssystemen. VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 14, Nr. 25. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1984.
- [35] Bergmann, E.: Experiences on Optimization Algorithms for Heavy Tractor Operations. Vortrag, Agrimation 2, Chicago 3./5. März 1986.
- [36] Schimmel, J., H. Hulla: Einsatzoptimierung von Ackerschleppern durch elektronische Fahrerinformation. Grundl. d. Landtechnik 33 (1983), S. 5-10.
- [37] Mertins, K.-H., A. Gerhards: Betrachtungen zur Elektronik-Anwendung bei Traktoren. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986), S. 144-150.

3. Transport- und Fördermittel

- [1] -, -: StVZO zu Achslasten und Gesamtgewichten geändert. Landtechnik 41 (1986) H. 10, S. 436.
- [2] Witte, E., Möller, R., G. Vellguth: Landtechnik 39 (1984) H. 1, S. 44-47.
- [3] Nowotny, M.: Gülletankwagen. AGRARTECHNIK 65 (1986) H. 1, S. 16-19.
- [4] Kowalewsky, H.-H.: Weiche Sohlen machen flache Spuren. top agrar 16 (1987) H. 1, S. 148-151.
- [5] Reinhard, H.: Körnerförderungs-Systeme und ihre Beurteilung in der DLG-Prüfung. Landtechnik 28 (1973) H. 10, S. 444-447.
- [6] Fehlauer, M.: Berechnungsvorschrift für Schneckenförderer zur Senkrechtförderung landwirtschaftlicher Schütt- und Halmgüter. agrartechnik 30 (1980) H. 1, S. 14-17.
- [7] Böttcher, S., W. Ertl: Bewegungsanalyse eines Einzelkörpers im konischen Abschnitt steiler Schneckenförderer. fördern + heben 37 (1987) H. 2, S. 84-91.
- [8] Ross, I. J., White, G. M., Loewer, O. J., D. M. Wieman: Constant speed variable capacity screw conveyor. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan 49085, Paper No. 79-3515.
- [9] Scholtysik, B. J.: Einfluß der geometrischen Parameter auf die Dosiergenauigkeit von Schneckendosierern für Kraftfuttermittel. Grundl. d. Landtechnik 31 (1981) H. 1, S. 9-15.
- [10] Cyrill Fort, J.: Berechnung und Auslegung bei Becherwerken. fördern + heben 23 (1973) H. 8, S. 432-436.
- [11] Koster, K. H.: Zum Schüttgutabwurf bei Becherwerken (Teil I). fördern + heben 26 (1976) H. 11, S. 1131-1136.

- [12] *Böttcher, S., M. Saller:* Untersuchungen am senkrechten Trogkettenförderer. *fördern + heben* 36 (1986) H. 2, S. 98-101.
- [13] *Hinkelmann, R.:* Zur Auslegung schnelllaufender Vertikalförderanlagen für stetige Massengutförderung. *fördern + heben* 37 (1987) H. 9, S. 608-612.
- [14] *Koster, K.-H.:* Zur Führung gleitend abgetragener Leichttransportbänder mit konvex angeformten Trommeln (Teil I). *fördern + heben* 35 (1985) H. 12, S. 916-921.
- [15] *Koster, K.-H.:* Zur Führung gleitend abgetragener Leichttransportbänder mit konvex angeformten Trommeln (Teil II). *fördern + heben* 36 (1986) H. 1, S. 18-24.
- [16] *Stegmaier, W.:* Zur Berechnung der horizontalen pneumatischen Förderung feinkörniger Feststoffe. *fördern + heben* 28 (1978) H. 5/6, S. 363-366.
- [17] *Segler, G., W. Hutt:* Pneumatische Fördersysteme und Beitrag zur Berechnung der Flugförderung. *Grundl. d. Landtechnik* 29 (1979) H. 1, S. 13-19.
- [18] *Bohnet, M.:* Fortschritte bei der Auslegung pneumatischer Förderanlagen. *Chem.-Ing.-Tech.* 55 (1983) H. 7, S. 524-539.
- [19] *Siegel, W.:* Berechnung von pneumatischen Saug- und Druckförderanlagen (Teil I). *fördern + heben* 33 (1983) H. 10, S. 737-740.
- [20] *Siegel, W.:* Berechnung von pneumatischen Saug- und Druckförderanlagen (Teil II). *fördern + heben* 33 (1983) H. 11, S. 817-822.
- [21] ● *Hesse, Th.:* Pneumatische Förderung. Brinkhaus-Verlag, 1984.
- [22] ● *Paolim, K.:* Strömungsverhalten von landwirtschaftlichen Gutschwärmen. VDI-Fortschrittbericht, Reihe 14, Nr. 27. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986.
- [23] ● *Weber, M.:* Strömungsfördertechnik. Mainz: Krausskopf-Verlag, 1974.
- [24] *Lodes, A., Mierka, O., J. Micák:* Mathematisches Modell zur energetischen Optimierung der Stromdichte beim pneumatischen Transport fester Partikel. *Chem.-Ing.-Tech.* 58 (1986) H. 9, S. 764-765.
- [25] *Petersen, H.:* Wahl des Rohrdurchmessers für pneumatische Flugförderanlagen im Druckbetrieb. *Grundl. d. Landtechnik* 25 (1975) H. 1, S. 11-15.
- [26] *Petersen, H.:* Pneumatische Förderung von Häckselgut. Eine Schrifttumübersicht. *Grundl. d. Landtechnik* 26 (1976) H. 3, S. 83-89.
- [27] *Madhusudana, Rao M., D. Venkateswarlu:* Pneumatische Förderung von Feststoffen in Abzweigrohren. *fördern + heben* 28 (1978) H. 3, S. 165-169.
- [28] *Morikawa, Y.:* Druckverluste in Rohrkrümmern bei großer Gutbeladung. *fördern + heben* 33 (1983) H. 1, S. 34-36.
- [29] *Stahl, W., R. Stadler:* Systeme zum Ein- oder Austrag von Schüttgütern in oder aus Druckräumen. *Chem.-Ing.-Tech.* 56 (1984) H. 10, S. 755-768.
- [30] *Meißner, P.:* Bestimmung des Druckverlustes in Gaszyklonen. *Chem.-Ing.-Tech.* 46 (1974) H. 17, S. 743.
- [31] *Bohnet, M.:* Kriterien für die Auswahl von Zyklonen und Hydrozyklonen. *Chem. Ind.* 33 (1981) H. 2, S. 91-95.
- [32] *Bohnet, M.:* Optimalauslegung von Aerozyklonen. *Chem.-Ing.-Tech.* 56 (1984) H. 5, S. 416-417.
- [33] *Schulz, S., P. Schmidt:* Zyklonenabscheider mit statischen Leitvorrichtungen im Abscheideraum zur Reduzierung des Druckverlustes und Verbesserung des Abscheidevermögens. *Chem.-Ing.-Tech.* 58 (1986) H. 6, S. 502-503.
- [34] *Muschelknautz, E.:* Die Berechnung von Zyklonabscheidern für Gase. *Chem.-Ing.-Tech.* 44 (1972) H. 1, S. 63.
- [35] *Krambrock, W.:* Dichtstromförderung. *Chem.-Ing.-Tech.* 54 (1982) H. 9, S. 793-803.
- [36] *Hilgraf, P.:* Untersuchungen zur pneumatischen Dichtstromförderung über große Entfernungen. *Chem.-Ing.-Tech.* 58 (1986) H. 3, S. 209-212.
- [37] *Türk, M.:* Berechnung des Druckverlustes bei der Förderung konzentrierter landwirtschaftlicher Suspensionen in Rohrleitungen. *agrartechnik* 26 (1976) H. 10, S. 486-490.
- [38] *Türk, M.:* Druckverlust bei der Förderung konzentrierter Futtermischungen mit getrockneten Kartoffeln in Rohrleitungen. *agrartechnik* 27 (1977) H. 3, S. 115-117.
- [39] *Türk, M.:* Berechnung des Druckverlustes bei der Förderung konzentrierter Futtermischungen mit chemisch konservierten Zuckerrüben in Rohrleitungen. *agrartechnik* 28 (1978) H. 3, S. 134-137.
- [40] *Türk, M.:* Druckverlust bei der Förderung konzentrierter fluider Medien aus Kartoffeln in Rohrleitungen. *agrartechnik* 28 (1978) H. 8, S. 347-350.
- [41] *Spiess, J.:* Hydraulischer Feststofftransport. Geschichte – Stand der Technik – Pumpen. *fördern + heben* 35 (1985) H. 11, S. 827-833.
- [42] *Spiess, J.:* Hydraulischer Feststofftransport. Anwendung der Finite Elemente Methode zur Systemauslegung. *fördern + heben* 36 (1986) H. 3, S. 141-145.

4. Bodenbearbeitung

4.1 Gesamtentwicklung

- [1] ● *Krause, R., H. Steinkampf:* Die Befahrbarkeit des Bodens. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 89.
- [2] *Tebrügge, F.:* Verdichtungsproblematik – Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf das Ökosystem Boden. Statusseminar zum BMFT-Förderschwerpunkt der Kernforschungsanlage Jülich, Jül-Spez. 396, April 1987.
- [3] ● *Olfe, G., H. Schön:* Bodenbelastung durch Schlepper- und Maschineneinsatz in der Landwirtschaft. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 35.
- [4] ● *Sommer, C., M. Zach:* Bodenverdichtungen und deren Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 73.
- [5] ● *Tebrügge, F.:* Systemvergleich unter landtechnischen Aspekten. VDI/MEG-Kolloquium Bodenbearbeitung und Saat, H. 3, S. 23. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [6] ● *Tebrügge, F.:* Wirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf Bodenstruktur und Pflanzenertrag. 3. Internationales Symposium über die Mechanisierung und Energie in der Landwirtschaft. Tagungsbericht S. 436-449, Izmir/Türkei vom 26.-29. 10. 1987.

- [7] ● *Knechtges, H., W. Braun*: Konzept einer Arbeit zur Wirkung des Schlupfes auf den Boden, VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 273. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [8] ● *Knechtges, H.*: Wirkungsgradoptimierung der Kombination Traktor – Gerät durch Schlupf-Krafttheberregelung, VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 245. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [9] *Tebrügge, F.*: Reduzierte Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben. Die Zuckerrübe 36 (1987) H. 4, S. 204-210.
- [10] *Estler, M.*: Verfahrenstechnische Lösungen zur Verminderung der Bodenerosion. Landtechnik 42 (1987) H. 3, S. 118-119 und H. 4, S. 166-170
- [11] *Sommer, C.*: Bodenschonende und bodenschützende Pflanzenproduktion – dargestellt am Beispiel der Bodenbearbeitung. Landtechnik 41 (1986) H. 9, S. 379.
- [12] ● *Tebrügge, F.*: Einfluß von Bodenbearbeitungsverfahren auf das Bodengefüge. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 137-152.
- [13] *Tebrügge, F.*: Neuere Bodenbearbeitungsverfahren in ihrer Wechselwirkung auf Bodenstruktur und Pflanzen-ertrag. Deutscher Rat für Landespflege, Bodenschutz, 1986, H. 51, S. 56-64.
- [14] *Bokermann, R.*: Ein Kostenvergleich konventioneller mit einfacher Bodenbearbeitung. Landtechnik 41 (1986) H. 9, S. 385.
- [15] ● *Kuhlmann, F., N. Sauer*: Standortverhältnisse und ihre Bewirtschaftung als Grundlage für die Bodenbearbeitung. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 1. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [16] *Sommer, C., M. Brenndörfer*: Bodenverdichtungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. Landtechnik 41 (1980) H. 9, S. 383.
- [17] *Blaszkiewicz, Z.*: Analyse des Schervorganges in leichtem Boden. Grndl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 6, S. 187-192.
- [18] ● *Bolling, I.*: Beanspruchung des Bodens beim Schlepper- und Maschineneinsatz. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 49.
- [19] ● *Bolling, I.*: Bodenverdichtung und Triebkraftverhalten bei Reifen – Neue Meß- und Rechenmethoden. Forschungsbericht Agrartechnik der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) 133, Dissertation München: 1987.
- [20] *Bolling, I.*: Zyklodische Scherversuche. Grndl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 4, S. 104-115.
- [21] *Heine, A.*: Bodenschonende Fahrwerke landwirtschaftlicher Transportanhänger. Grndl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 2, S. 42-49.
- [22] ● *Seifert, V., H. Seufert*: Auswirkung verschiedener Fahrwerke (Dreirad) und Schlepperbereifung auf das Bodengefüge. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 119.
- [23] *Baur, A., Kalk, W.-D., Busch, K., K.-D. Feige*: Variantensuche, -bewertung und -auswahl – dargestellt am Beispiel angeliebener Packer. Grndl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 4, S. 123-129.
- [24] *Eichhorn, H.*: Das Gießener Konzept zur interdisziplinären Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 15. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [25] ● *Henke, W.*: Systemvergleich unter ausgewählten bodenbiologischen Aspekten. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 35. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [26] *Hartge, K.-H.*: Das Bodengefüge als Standortfaktor. Die Zuckerrübe 36 (1987) H. 4, S. 211-214.
- [27] *Henke, W.*: Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Regenwurmkaktivität. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft 55/II (1987), S. 885-889.
- [28] *Henke, W.*: Einfluß von Bodenbearbeitung auf die Lumbricidenpopulation und deren Aktivität auf Ackerböden. Tagungsband v. Zoologischen Institut und Zoologischen Museum anläßlich des Wilhelm Michaelisen-Gedächtnis-Symposiums in Hamburg vom 14.-18. Sept. 1987.
- [29] *Sommer, C., Zach, M., M. Dambroth*: Konservierende Bodenbearbeitung aus pflanzenbaulicher Sicht. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 47. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [30] *Tebrügge, F.*: Technik für Saat und Bestellsaat von Körnerfrüchten. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 19-21.
- [31] ● *Jahns, G., H. Steinkampf*: Einsatzoptimierung des Systems Schlepper – Boden – Gerät. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 231. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [32] *Schmidt, D.*: Bestellungs- und Saattechnik zu Zuckerrüben in Zwischenfruchtbeständen. Landtechnik 42 (1987) H. 2, S. 50.
- [33] ● *Herberg, F.*: Untersuchung der Wirkungsmechanismen bei der Sekundärbodenbearbeitung – Ergebnisse von Feld- und Laboruntersuchungen. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 157. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [34] *Söhne, W.*: Bodenmechanische Grundlagen und ihre Umsetzung in der Werkzeuggestaltung. Landtechnik 41 (1986) H. 9, S. 372.
- [35] ● *Söhne, W.*: Bodenmechanische Grundlagen und ihre Umsetzung in der Werkzeuggestaltung. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 143. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.

4.2 Geräte

- [1] ● *Estler, M., Knittel, H., E. Zeltner*: Bodenbearbeitung aktuell. Frankfurt: DLG-Verlag, 1983.
- [2] *Köller, K.*: Bodenbearbeitung, breites Angebot für jeden Bedarf. Landtechnik 43 (1988) H. 1, S. 33-36.
- [3] *Stroppel, A., W. Schäfer*: Maximierung der Schlagkraft beim Pflügen durch stufenlose Arbeitsbreitenverstellung. Grndl. d. Landtechnik 31 (1981) H. 6, S. 205-210.
- [4] *Stubenböck, H.*: Untersuchungen über das Pflügen mit Rautenkörpern. Grndl. d. Landtechnik 31 (1981) H. 1, S. 1-9.
- [5] ● *Estler, M.*: Neue Techniken beim Pflügen. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 217-221. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [6] *Van der Beek, A.*: Die Lage des ideellen Zugpunktes und der Zugkraftbedarf beim Pflügen. Grndl. d. Landtechnik 33 (1983) H. 1, S. 10-13.
- [7] *Estler, M.*: Bodenbearbeitungstechnik am Vorabend der Agrartechnika. Landtechnik 40 (1985) H. 11, S. 477-478.
- [8] *Estler, M.*: Bodenbearbeitungstechnik auf der Agrartechnika. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 17-19.
- [9] ● *Köller, K.*: Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug. In: KTBL-Schrift 301, Darmstadt 1985.
- [10] ● *Köller, K.*: Bodenverdichtungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz und Maßnahmen zu ihrer Minderung – Erfahrungen aus der Praxis. In: KTBL-Schrift 308, Darmstadt 1986, S. 153-169.

- [11] ● *Tebrügge, F.*: Systemvergleich unter landtechnischen Aspekten. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 23-34. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [12] ● *Köller, K.*: Zapfwellengetriebene Saatbettbereitungsgeräte im Praxisvergleich. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 223-231. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [13] ● *Rau, W.*: Rotortiller und Zinkenrotor als Ganzjahresmaschine. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 189-205. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [14] *Köller, K.*: Zapfwellengetriebene Geräte für die Saatbettbereitung. Landtechnik 41 (1986) H. 9, S. 377-379.
- [15] *Stoppel, A. u. R. Reich*: Vergleichende Untersuchungen an Geräten zur Saatbettbereitung mit zapfwellengetriebenen rotierenden Werkzeugen. Grundl. d. Landtechnik 33 (1983) H. 3, S. 86-95.
- [16] ● *Dutzi, F.*: Grundlagen und Gedanken zur Entwicklung des Zinkenrotors. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 181-187. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [17] *Röhrs, W. u. D. Wilkens*: Kraftmessungen an Bodenbearbeitungsgeräten. Grundl. d. Landtechnik 34 (1984) H. 3, S. 117-125.
- [18] ● *Söhne, W.*: Bodenmechanische Grundlagen und ihre Umsetzungen in der Werkzeuggestaltung. VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat, S. 143-156. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.

5. Bestellung und Saat

- [1] *Kurth, E. M.*: Ablagetiefe und Feldauflang bei der Einzelkornsaat von Raps. Diplomarbeit, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel: 1984.
- [2] ● *Voßhenrich, H. H.*: Säverfahren für Raps. Forschungsbericht Agrartechnik, H. 121. Kiel: 1986.
- [3] *Heege, H. J., H. H. Voßhenrich*: Säverfahren für Getreide und Raps. Landtechnik 40 (1985) H. 2, S. 77-80.
- [4] ● —, —: VDI/MEG-Kolloquium, H. 3, Bodenbearbeitung und Saat. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1986.
- [5] *Voßhenrich, H. H., H. J. Heege*: Versuche zur Saattiefe von Raps. Raps 4 (1986) H. 3, S. 114 ff.
- [6] *Danfoss, B.*: Equipment for Seed Placement below a Removed and Replaced Surface Tillage. Journal of Agr. Eng. Research 38 (1987), S. 167 ff.
- [7] ● *Metzner, C.*: Einfluß von Ernterückständen im Saatbett auf die Sätechnik bei Getreide. Forschungsbericht Agrartechnik, H. 74. Bonn: 1982.
- [8] ● *Jeddeloh, H.*: Die Anhaftung von Boden an Packerrollen. Forschungsbericht Agrartechnik, H. 125. Kiel: 1986.
- [9] *Tebrügge, F.*: Technik für Saat und Bestellsaat von Körnerfrüchten. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 19-21.
- [10] *Shaw, L. N., K. H. Kromer*: Revolving Spade Planter Soil Opener. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph/Michigan, Paper No. 87-1019.
- [11] ● *Brinkmann, W.*: Einzelkornsaat von Zuckerrüben, Futterrüben und Mais. Landtechnik, S. 279 ff. Stuttgart: H. Eichhorn, 1985.

6. Pflanzenschutz und Pflanzenpflege

6.1 Pflanzenschutz und Pflanzenpflege in Feldkulturen

- [1] —, —: Die Pflanzenschutzmittel-Industrie 1986/87. Gesunde Pflanzen 39 (1987) H. 7, S. 309-312.
- [2] *Kohsiek, H.*: Freiwillige Kontrolle an Pflanzenschutzgeräten. Nachrichtenblatt deut. Pflanzenschutzdienst 37 (1985), S. 39-41.
- [3] *Alness, K.*: Spray Scanner. Bericht The Swedish University of Agriculture Science, Dept. of Agr. Eng. (1987).
- [4] *Nation, H. J.*: The Design and Performance of a Gimbal-type Mounting for Sprayer Booms. Journal of Agr. Eng. Research 38 (1987) H. 36, S. 233-246.
- [5] *Frost, A. R., J. O'Sullivan*: Verification of a Mathematical Model for a Passive Spray Boom Suspension. Journal of Agr. Eng. Research 37 (1986) H. 34, S. 245-255.
- [6] ● *Thomas, Ch.*: Elektrohydraulische Lage- und Höhenregelung von Auslegern. VDI-Fortschrittsbericht, Reihe 14, H. 29. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1985.
- [7] *Thomas, C., H. Göhlich*: Aktive Lageregelung von Auslegern zur Verbesserung der Verteilungsgüte von Pflanzenschutzmitteln. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 1, S. 1-9.
- [8] ● *Bruns, H., H. Göhlich*: Einsatz von berührungslos arbeitenden Sensoren unter Zuhilfenahme von Kleinrechnern. VDI-Kolloquium, H. 4, S. 125-138. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1987.
- [9] *Mertins, K.-H., H. Göhlich*: Fahrgeschwindigkeitsmessungen an landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Grundl. d. Landtechnik 33 (1983) H. 1, S. 14-20.
- [10] *Göhlich, H.*: Es kommt auf den richtigen Tropfen an. Pflanzenschutz-Praxis 5 (1985) H. 1, S. 30-35.
- [11] *Ganzelmeier, H.*: Was bringen die neuen Spritzverfahren? DLG-Mitteilungen 100 (1985) H. 17.
- [12] *Metz, N., E. Moser*: Gezielter Pflanzenschutz in Raunkulturen. Landtechnik 42 (1987) H. 3, S. 104-106.
- [13] *Marchant, J. C., Dix, A. J., J. M. Wilson*: The Electrostatic Charging of Spray Produced by Hydraulic Nozzles Part I. Theoretical Analysis. Journal of Agr. Eng. Research 36 (1985) H. 31, S. 329-344.
- [14] *Bäcker, G.*: Erfahrungen mit der elektrostatischen Tropfenaufladung beim Pflanzenschutz im Weinbau. Landtechnik 42 (1987) H. 3, S. 110-117.
- [15] *Moser, E., K. Schmidt*: Einige Grundlagen der Elektrostatik im chemischen Pflanzenschutz. Landtechnik 38 (1983) H. 3, S. 96-100.
- [16] *Göbel, B.*: Pflanzenschutzgeräte, Teil 1. KTBL-Arbeitsblatt 0231 (1987), S. 40-41.
- [17] *Ripke, F. O.*: Bringen Zweistoffdüsen applikationstechnische Vorteile? Pflanzenschutz-Praxis (1986) H. 1, S. 40-41.
- [18] *Rietz, S.*: Die Technik für sachgerechten Pflanzenschutz. DLG-Mitteilungen 100 (1985) H. 24, S. 1390-1393.

- [19] ● *Große-Brockhoff, F.-J.*: Technische Lösungsmöglichkeiten zur Verringerung von Umweltproblemen durch den Einsatz der Mikroelektronik in Landmaschinen. VDI/MEG-Kolloquium, H. 4, S. 95-106. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1987.
- [20] ● *Speckmann, H.*: Senken der Umweltbelastung und des Betriebsmitteleinsatzes beim Pflanzenschutz durch Einsatz der Mikroelektronik. VDI/MEG-Kolloquium, H. 4, S.107-124. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1987.
- [21] *Schmidt, M.*: Direkteinspeisung von flüssigen Pflanzenbehandlungsmitteln. VDI-Fortschrittsbericht Nr. 81. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1983.
- [22] *Göhlich, H.*: Entwicklungstendenzen in der Applikationstechnik von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. aus d.BBA, H.223 (1984) – 44. deutsche Pflanzenschutztagung, Gießen: 1984.
- [23] –,: Airing some options – Tilling the odds. *Power Farming* 66 (1987) H. 2, S. 28-31.
- [24] *Göhlich, H.*: Abdrift im Pflanzenschutz unter Berücksichtigung von Meßergebnissen am Steilhang. *Nachrichtenbl. deut. Pflanzenschutzdienst* 34 (1982) H. 7, S. 100-109.
- [25] *Ganzelmeier, H.*: Abdrift beim Einsatz von Sprüh- und Stäubegeräten im Obst- und Ackerbau. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 6, S. 174-179.
- [26] *Göhlich, H., B. Göbel*: Umweltgerechte Applikatoren durch Driftbeurteilung von Pflanzenschutzverfahren. *Landtechnik* 40 (1985) H. 7/8, S. 346-347.
- [27] *Auernhammer, H., H. Stanzel*: Betriebseigene Wetterstation für Prognosemodelle in der Landwirtschaft. VDI/MEG-Kolloquium, H. 4, S. 161-189. Düsseldorf: VDI-Landtechnik, 1987.
- [28] *Hartmuth, P., W. Weng*: Gezielter Pflanzenschutz in Winterweizen mit dem Prognoseverfahren EPIPRE. *Gesunde Pflanzen* 39 (1987), S. 408-415.
- [29] *Griffis, C. L.*: Electronic Sensing of Soil Organic Matter. *Trans. ASAE* 28 (1985), S. 1068-1073.
- [30] *Gröner*: Anwenderschutz aus der Sicht der chemischen Industrie. Referat Arbeitskreis Pflanzenschutztechnik der DPG. Berlin: 12./13. 3. 1987.
- [31] *Batel, W.*: Messungen zum zeitlichen Verlauf des Wirkstoffgehaltes von Pflanzenbehandlungsmitteln in Luft, Boden und auf Pflanzen, insbesondere als Datenbeitrag für Umweltmodelle. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 4, S. 138-142.
- 6.2 Pflanzenschutz und Pflanzenpflege in Intensivkulturen**
- [1] *Moser, E.*: Umweltgerechte Anwendungstechnik im chemischen Pflanzenschutz für Raumkulturen. KTBL-Arbeitspapier 90 (1984), S. 101-114.
- [2] *Batel, W.*: Zur Anwendungsexposition beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln durch Spritzen und Sprühen. *Grundl. d. Landtechnik* 34 (1984) H. 2, S. 33-35.
- [3] *Moser, E.*: Neue Applikationstechniken in Raumkulturen. *Grundl. d. Landtechnik* 35 (1985) H. 1, S. 25-29.
- [4] *Anthon, H., Bäcker, G., G. Brändel*: Neue Applikationsverfahren – umweltschonender Pflanzenschutz. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 37 (1986), S. 137-148.
- [5] *Ganzelmeier, H.*: Erfahrungen mit Sprühgeräte-Neuentwicklungen im Obstbau. *Erwerbsobstbau* 29 (1987) H. 3, S. 87-91.
- [6] *Göhlich, H., B. Göbel*: Umweltgerechte Applikation durch Driftbeurteilung von Pflanzenschutzverfahren. *Landtechnik* 40 (1985), S. 346-347.
- [7] *Müller, M.*: Erfahrungen mit CRV und CDA im Apfelanbau. *Obstbau* 11 (1987), S. 504-506.
- [8] *Derkzen, E. C., L. E. Bode*: Droplet size comparison from rotary atomizers. *Transaction of the ASAE* 29 (1986), S. 1204-1207.
- [9] *Zeren, Y., E. Moser*: The effects of electrostatic charging and vertical air current on the deposition of pesticide to the cotton plant canopy. *Doga TUJ Agricult. and Forest* 11 (1987) H. 2, S. 489-498.
- [10] *Schmidt, P.*: Zerstäuben von Flüssigkeiten mittels Ultraschall und elektrostatischem Feld. *Maschinenmarkt* 91 (1985) H. 72, S. 1419-1421.
- [11] *Roßwag, U., E. Moser*: Gezielter Pflanzenschutz in Raumkulturen. *Landtechnik* 42 (1987), H. 3, S. 107-109.
- [12] *Wiedenhoff, H.*: Pflanzenschutz-Gerätelehre in den Niederlanden. *Obstbau* 11 (1987), S. 506-509.
- [13] ● *Von Oheimb, R.*: Luftführung und Anlagerung von Pflanzenschutzmitteln im Wein- und Obstbau. Dissertation TU Berlin, 1986, Forschungsbericht Agrartechnik der Max-Eyth-Gesellschaft Nr. 131 (1986).
- [14] *Bäcker, G.*: Tangentialgebläse zur Pflanzenschutzmittelapplikation im Weinbau. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 6, S. 162-168.
- [15] ● *Metz, N.*: Anlagerung und Abdrift elektrostatisch geladener Flüssigkeitsteilchen beim chemischen Pflanzenschutz im Obstbau. Dissertation Universität Hohenheim 1986, Forschungsbericht Agrartechnik der Max-Eyth-Gesellschaft Nr. 130 (1986).
- [16] *Bäcker, G.*: Erfahrungen mit der elektrostatischen Tropfenaufladung beim Pflanzenschutz im Weinbau. *Landtechnik* 42 (1987) H. 3, S. 110-112.
- [17] *Liangrun, G., X. Fusheng*: Research on electrostatic-spraying. Report of Jiangsu Institute of Technology Nr. 6 (1986), S. 1-29.
- [18] *Hadfield, D. J.*: The modelling of charged spray deposition on artificial target. *Journal of Agr. Eng. Research* 38 (1987) H. 36, S. 45-56.
- [19] *Law, S. E., S. C. Cooper*: Induction charging characteristics of conductivity enhanced vegetable-oil spray. *Transaction of the ASAE* 30 (1987), S. 75-79.
- [20] *Bera, B.*: Bemerkungen über Bau und Anwendung der Tunnelspritzgeräte bei der Schädlingsbekämpfung im Obstbau. *Erwerbsobstbau* 27 (1985) H. 3, S. 60-62.
- [21] –,: Tunnel repliable pour traitement de vignes. *Ausstellungskatalog SITEVI 1987*. Montpellier/Frankreich: 1987.
- [22] *Louis, F., Eichhorn, K. W., R. Ipach*: Recycling beim Sprühverfahren als Möglichkeit zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln. *Der Deutsche Weinbau* 30 (1985), S. 1337-1338.
- [23] *Bockstedte, W.*: Elektronische Dosierhilfen im Pflanzenschutz. *Obstbau* 11 (1987), S. 499-502.
- [24] *Göhlich, H., U. Dorries*: Prüfstand für Gebläsesprühgeräte. 7. Pflanzenschutztechnisches Seminar, S. 152-159. TU Berlin: 1984.
- [25] *Bockstedte, W.*: Vorführung eines Prüfstandes für die vertikale Verteilung der Spritz- und Sprühflüssigkeit unserer Gebläsesprühgeräte. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* (1987), S. 407-417.
- [26] *Ganzelmeier, H.*: Abdrift beim Einsatz von Sprüh- und Stäubegeräten im Obst- und Ackerbau. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 6, S. 174-179.
- [27] *Batel, W.*: Ermittlung der Exposition beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln, sich daraus ableitende personengetragene Schutzeinrichtungen und Versuche zu ihrer Eignung. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 1, S. 1-11.

- [28] *Tedders, W. L., T. R. Gottwald*: Evaluation of an insect collecting system and an ultra-low-volume spray system on a remotely piloted vehicle. *Journal of Economic Entomology* 79 (1986), S. 709-713.
- [29] *Mantinger, H., H. Gassner*: Einfluß von Alternativmethoden zur chemischen Streifenbehandlung in Obst-Junganlagen. *Erwerbsobstbau* 28 (1986), S. 34-38.
- [30] *Papp, F., E. Becker*: Weniger Herbizide durch neuzeitliche Bodenpflegesysteme, Teil I und II. *Der Deutsche Weinbau* 42 (1987) H. 9, S. 384-387 und H. 10, S. 426-427.
- [31] *Maul, D.*: Rationalisierung und Mechanisierung des Reb-schnitts im Weinbau. *Der Deutsche Weinbau* 41 (1986) H. 2, S. 73-79.

7. Düngung

- [1] *Hüther, J.*: Untersuchungen zur Verteilgenauigkeit ausgewählter Systeme zur Flüssigmistausbringung an Pumpentankwagen. Referat VDI/MEG-Tagung, Braunschweig: 1987.
- [2] *Isensee, E.*: Neue Entwicklungen beim Ausbringen von organischen Düngern. KTBL-Arbeitspapier 110, Darmstadt: 1986.
- [3] *Luoma, T. S.*: Ausbringen und Verteilen von Flüssigmist. KTBL-Schrift 279. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1982.
- [4] *Thamsen, R.*: Verteilgüte beim Ausbringen von Flüssigmist. KTBL-Schrift 303. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1985.
- [5] *Hansen, R.*: Gülledüngung während der Vegetation. Dissertation Kiel: 1988.
- [6] *Vetter, H., H.-H. Kowalewsky*: Gülle – Ausbringen. DLG-Manuskript 076, Frankfurt/M.: 1986.
- [7] *Vetter, H., R. Haase*: Güllegaben nach dem Ammonium-Gehalt bemessen? DLG-Mitteilungen 100 (1985) H. 2, S. 81-83.
- [8] *Köller, K.*: Streugenaugkeit von „sehr gut“ bis „ausreichend“. *top agrar* 16 (1987), H. 3, S. 108.
- [9] *Boll, E., E. Isensee*: Eignung von Geschwindigkeitsgebern. *Landtechnik* 42 (1987) H. 2, S. 57-60.
- [10] *Hübener, J.*: Rührsysteme für Güllelagerbehälter. MEG-Schrift Nr. 105. Darmstadt: 1985.
- [11] *Isensee, E., R. Hansen*: Gülleverträglichkeit im Getreidebau. *Bauernblatt Schlesw.-Holst.* 137 (1987), H. 19, S. 38-43.
- [12] *Krause, R., H. Peters*: Sensoren und Aktoren für eine geschwindigkeitsabhängige Durchflußregelung an Flüssigmist-Tankwagen. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 4, S. 97-104.
- [13] *Michaelsen, T.*: Ein technisches Verfahren zum gezielten Düngen mit Gülle und Klärschlamm. *Grundl. d. Landtechnik* 33 (1983) H. 4, S. 103-107.
- [14] *Holz, W., H. Traulsen*: Zur Technik der Klärschlamm-ausbringung – Eindrücke und Ergebnisse einer Landesvorführung. *Landtechnik* 42 (1987) H. 7/8, S. 300.
- [15] *Michaelsen, T., F. Timmermann*: Zur Ausbringung von Klärschlamm in der Landwirtschaft. Voraussetzungen, Probleme, Technik. *Landtechnik* 38 (1983) H. 2, S. 58.
- [16] *Thalmann, H.*: Wirkungen belüfteter und unbelüfteter Rindergülle unter Schnitt und Beweidung auf Dauergrünland. Dissertation München: 1985.
- [17] *–,–*: VDI-Richtlinie 3881 Olfaktometrie. Geruchsschwellenbestimmung. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986.
- [18] *–,–*: Flüssigmist in der Landwirtschaft. Vorträge der KTBL-Tage 1983. KTBL-Arbeitspapier Nr. 80, Darmstadt: 1983.

8. Bewässerung und Beregnung

- [1] *–,–*: BML, Daten-Analysen, Wasserverbrauch für Bewässerung, Stand 31. 12. 1982.
- [2] *Bommer, D. F. R.*: Landwirtschaft zwischen Mangel und Überfluß – Analysen und Perspektiven. *Mitteilungen für den Landbau, BASF* 5, 1982.
- [3] *Schön, H., H. Sourell*: Technik und Wirtschaftlichkeit der Feldberegnung. RKL-Schrift 4.1.2., S. 171-195, Kiel: 1984.
- [4] *Achtnicht, W.*: Bewässerungslandbau. Stuttgart: Ulmer, 1980.
- [5] *Garbrecht, G.*: Probleme in der Bewässerungswirtschaft. Bericht an die Senatskommission für Wasserforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 1980.
- [6] *–,–*: Unterflurbewässerung: Arbeits- und wassersparend. *AGRARTECHNIK* 64 (1985), H. 3, S. 14-15.
- [7] *–,–*: Höhere Erträge bei niedrigeren Kosten? Düngung, Beregnung und Pflanzenschutz mit einer Anlage. *Hann. Land- und Forstw. Zeitung* 140 (1987), Nr. 4, S. 12.
- [8] *Barth, St., P. Wolff*: Bibliographie deutsch-sprachiger Veröffentlichungen zum Thema Tropfbewässerung. Arbeiten und Berichte Nr. 5 Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Intern. Agrarwirtschaft, Fachgebiet Kulturtechnik und Wasserwirtschaft. Kassel: 1984.
- [9] *Moser, E., H. Sinn*: Strömungstechnische Untersuchungen zur Berechnung von Tropfbewässerungsanlagen. *Grundl. d. Landtechnik* 28 (1978) H. 1, S. 18-25.
- [10] *Reinken, G.*: Die Nutzung von Abwärme im Pflanzenbau (Agrotherm). Vortrag auf der 21. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (1977).
- [11] *Sinn, H., E. Moser*: Untersuchungen an Mikro-Jet-Bewässerungselementen. *Grundl. d. Landtechnik* 36 (1986) H. 6, S. 169.
- [12] *Sourell, H.*: Development and use of a mobile drip irrigation system. *Proceedings of the Third Intern. Drip/Trickle Irrigation Congress* 18./21. 11. 1985, Fresno/Kalifornien, Volume II (1985), S. 597-602.
- [13] *Wolff, P.*: Zwei Jahrzehnte Tropfbewässerung – Versuch einer Zwischenbilanz. *Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft* 17 (1982), H. 17, S. 3-16.
- [14] *Boxberger, J., G. Langenegge*: Einsatz von Beregnungsmaschinen bei der Gülledüngung. *Landtechnik* 41 (1986) H. 3, S. 117-119.
- [15] *Sourell, H.*: Möglichkeiten des Elektronikeinsatzes bei der Beregnung. VDI/MEG-Kolloquium, H. 4 (Mikroelektronik in der Agrartechnik für den Umweltschutz) S. 201-211. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.

9. Halmfütterernte

9.1 Halmfuttermittelkonservierung und Halmfuttermittelaufbereitung

- [1] *Kellner, H., M. Dera:* Verbesserte Belüftungsanlagen zur Energieaufwandsenkung bei der Heulüftung. *agrartechnik* 37 (1987) H. 9, S. 414-416.
- [2] *Rittel, L.:* Eine Heubergehalle neuen Typs. *DLG-Mitteilungen* 100 (1985) H. 13, S. 748-751.
- [3] *Elsäßer, M.:* Solarkollektoren für die Heutrocknung. *DLG-Mitteilungen* 102 (1987) H. 8, S. 414-416.
- [4] *–,–:* Besseres Grundfutter für das Rindvieh. *AID* Nr. 176, Bonn: 1986.
- [5] *Bosma, A. H., A. P. Verkaik:* Voordroogkuil binnen 24 uur. *Landbouw. Mech.* 38 (1987) H. 5, S. 362-365.
- [6] *Groß, F.:* Sorgfalt ist die halbe Miete. *DLG-Mitteilungen* 102 (1987) H. 8, S. 400-407.
- [7] *–,–:* Grünfütterernte und -konservierung. *KTBL-Schrift* 318. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [8] *List, H.:* Internationaler Stand der Technik bei der Entnahme von Silage als Horizontalsilos. *agrartechnik* 37 (1987) H. 5, S. 224-226.
- [9] *Van Loo, L.:* Inkuilen van voorgedroogt gras. *Landbouw Mech.* 38 (1987) H. 4, S. 369-372.
- [10] *Patschke-Ballerstedt, D.:* Grünfutter kostengünstig konservieren. *dlz* 36 (1985) H. 4, S. 548-550.
- [11] *Ratschow, J.-P.:* KTBL-Fachgespräch: Grünfütterernte und -konservierung. *Landtechnik* 42 (1987) H. 5, S. 192-193.
- [12] *Honig, H., K. Rohr:* Gärverlauf gegen Geschwindigkeit. *DLG-Mitteilungen* 102 (1987) H. 18, S. 966-968.
- [13] *Zimmer, E.:* Verfahrenstechnik zur Verminderung von Ernte- und Konservierungsverlusten bei der Futterernte. *Landtechnik von morgen. (Schlüter-Seminar) Folge* 25 (1986), S. 25-34.
- [14] *Bottema, J.:* Inkuilen: Loonwerk of eigen Mechanisatie? *Landbouw Mech.* 38 (1987) H. 4, S. 362-365.
- [15] *Fritz, U.:* Qualitätsgärfutter steigert den Gewinn. *dlz* 37 (1986) H. 3, S. 362-363.
- [16] *Weber, W.:* Gleichmäßig verteilt – gut siliert. *dlz* 38 (1987) H. 5, S. 680-683.
- [17] *Pahlow, G.:* Siliermittel in der Grünfütterernte. Richtige Auswahl und sinnvoller Einsatz. *Lohnunternehmer* 40 (1985), S. 290-292.
- [18] *Van Loo, L.:* Inkuilen met conserveringsmiddelen. *Landbouw Mech.* 37 (1986) H. 4, S. 417-419.
- [19] *Lebzien, P., K. Rohr:* In der Kürze liegt die Würze. *DLG-Mitteilungen* 102 (1987) H. 8, S. 408-409.
- [20] *Harms, H.-H., E. Reber:* Analyse der dynamischen Beanspruchung einer Feldhäckslertrommel. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 5, S. 185-190.
- [21] *Röhrs, W.:* Zur Entwicklung des Feldhäckslers. *Landtechnik* 41 (1986) H. 4, S. 162-168.
- [22] *Bertram, H.-H.:* Ballensilage mit Folienwickelgeräten. *Landtechnik* 42 (1987) H. 5, S. 193-194.
- [23] *Van Loo, L.:* Entwicklungstendenzen der Grünfütterergewinnung in den Niederlanden. *Landtechnik* 41 (1986) H. 4, S. 177-180.
- [24] *Wolf, K.-P.:* Rund oder eckig – klein oder groß? *Landtechnik* 41 (1986) H. 4, S. 169-176.
- [25] *–,–:* Annual Report of the Swedish Institute of Agricultural Engineering, *Bull.* No. 415 (1986).
- [26] *● Pahl, H.:* Weidelgras- oder Ganzpflanzensilagen – Alternativen zur Maissilagemast. *KTBL-Schrift* 316. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [27] *Grimm, K., K. Kempkens:* GPS und LKS – Neue Erntetechnik im Aufwind. *AGRARTECHNIK* 65 (1986) H. 5, S. 24-30.
- [28] *Landtechnik Weihenstephan: Informations- und Tagungsbericht* 5. LKS- und GPS-Tagung (1985).
- [29] *–,–:* Ganzpflanzensilage aus Getreide noch mit Problemen? *DLG-Mitteilungen* 102 (1986) H. 6, S. 335-336.
- [30] *–,–:* Rohfutter- und Getreideernte. *Entwicklungstendenzen* 1987. *dlz* 38 (1987) H. 11, S. 1499-1518.
- [31] *Birnkammer, H.:* Kleine Mengen – große Wirkung. Die Ammonisierung von Futtermitteln wird interessanter. *DLG-Mitteilungen* 102 (1987) H. 8, S. 410-413.
- [32] *Klug, A.:* Beitrag zur Lösung der Harnstoffapplikation bei der Konservierung von Futterstroh. *agrartechnik* 35 (1985) H. 12, S. 542-543.
- [33] *Rexilius, R., H. Wandel:* Halmfuttermitteltrocknung mit Mikrowellen? *Landtechnik* 42 (1987) H. 5, S. 195-196.

9.2 Halmfütterbergung

- [1] *Claus, H. G.:* Entwicklungen und Trends im Futterbau. *Landtechnik* 39 (1984) H. 5, S. 219-220.
- [2] *Claus, H. G.:* Entwicklungen in der Futter- und Getreideernte. *Landtechnik* 40 (1985) H. 11, S. 479-480.
- [3] *Van Loo, L.:* Entwicklungstendenzen der Grünfütterergewinnung in den Niederlanden. *Landtechnik* 41 (1986) H. 4, S. 177-180.
- [4] *–,–:* LAV-Umsatzstatistik 1985 und 1986.
- [5] *Röhrs, W.:* Zur Entwicklung des Feldhäckslers. *Landtechnik* 41 (1986) H. 4, S. 162-168.
- [6] *Röhrs, W.:* Feldhäcksler '86. *AGRARTECHNIK* 65 (1986) H. 4, S. 22-26.
- [7] *Röhrs, W.:* Entwicklungstendenzen bei Exaktfeldhäckslern. *AGRARTECHNIK* 64 (1985) H. 3, S. 10-13, H. 4, S. 12-17 (Fortsetzung), H. 5, S. 32-34 (Fortsetzung).
- [8] *Schurig, M.:* Futterverlustärmer mit mehr Qualität ernten. *dlz* 36 (1985) H. 5, S. 764-767.
- [9] *Ratschow, J.-P.:* Zur Diskussion gestellt: GPS und LKS. *Landtechnik* 40 (1985) H. 4, S. 174-175.
- [10] *Schurig, M.:* Neue Zusatzeinrichtungen im Feldhäcksler zur Ernte von Gerste und Weizen (GPS). *Landtechnik* 40 (1985) H. 4, S. 176-181.
- [11] *Ratschow, J.-P.:* Haben sich Nachzerkleinerungseinrichtungen bei Feldhäckslern bewährt? *Landtechnik* 40 (1985) H. 4, S. 182-183.
- [12] *Knight, A.:* Seeking ways to conserve grass and power. *Power Farming* 65 (1986) H. 3, S. U8-U9.
- [13] *–,–:* Power cuts boost harvesting efficiency. *Power Farming* 64 (1985) H. 2, S. U11.
- [14] *Wolf-Regett, K.-P.:* Aktuelle Technik bei Ballenpressen. *AGRARTECHNIK* 67 (1988) H. 3, S. 8-12.
- [15] *Wilkins, D., K.-P. Wolf:* Aktuelle Technik bei Ballenpressen. *AGRARTECHNIK* 64 (1985) H. 3, S. 15-19.
- [16] *Wilkins, D., K.-P. Wolf:* Neue Entwicklungen im Pressenbau. *Landtechnik* 39 (1984) H. 6, S. 272-278.

- [17] ● *Matthies, H. J., D. Wilkens*: Neuere Entwicklungslinien auf dem Gebiet der Halmgutverdichtung. 25 Jahre VDI-Fachgruppe Landtechnik, S. 183-191. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1983.
 - [18] *Wolf, K.-P.*: Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Verdichtung von Halmgut. VDI-Kolloquium Landtechnik, H. 2, Halmguterntechnik (1985), S. 49-56.
 - [19] *Wolf, K.-P.*: Rund oder eckig – klein oder groß? Landtechnik 41 (1986) H. 4, S. 169-176.
 - [20] *Wilkens, D., K.-P. Wolf*: Mechanisierungsmöglichkeiten der Ballen-Arbeitskette. AGRARTECHNIK 63 (1984) H. 4, S. 32-39.
 - [21] *Roberts, M.*: Handling systems summed up. Power Farming 66 (1987) H. 5, S. U4-U11.
 - [22] *Mitterleitner, H.*: Soll der Ballen rund oder eckig sein? dlz 38 (1987) H. 5, S. 668-678.
 - [23] *Howard, P.*: More efficient bale handling. Power Farming 65 (1986) H. 3, S. 38-41.
 - [24] *Jäger, P., L. Volk*: Großpackenpressen zur Grassilage. Landtechnik 40 (1985) H. 4, S. 160-162.
 - [25] *Wienefeld, H.*: Großpackensilage im Blickpunkt. Landtechnik 40 (1985) H. 4, S. 163.
 - [26] *Van Loo, L.*: Großballen rechteckig pressen. Landtechnik 38 (1983) H. 4, S. 144-148.
 - [27] *Falkingham, B.*: Silagesystems. Power Farming 66 (1987) H. 3, S. U4-U7.
 - [28] *Roberts, M.*: Quality under wraps. Power Farming 66 (1987) H. 3, S. U8-U15.
 - [29] *Stoneleigh*: Royal Show Review 1. Power Farming 65 (1986) H. 8, S. 24-27.
 - [30] *Bertram, H.-H.*: Ballensilage mit Folienwickelgeräten. Landtechnik 42 (1987) H. 5, S. 193-194.
 - [31] *Marshall, J.*: Round baler review. Power Farming 65 (1986) H. 3, S. U18-U21.
 - [32] –: Non-stop round baling. Power Farming 65 (1986) H. 10, S. 27.
 - [33] *Ackermann, G.*: Netzbindung erhöht die Bergeleistung bei Großballenpressen. Grundl. d. Landtechnik 35 (1985) H. 3, S. 76-81.
 - [34] ● *Wilkens, D.*: Das Verdichten von Halmgütern in Großballen-Rollpressen. VDI-Fortschrittberichte, Reihe 14, Nr. 32. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.
 - [35] *Bishop, T.*: High-density baler round-up. Power Farming 65 (1986) H. 5, S. U6-U8.
 - [36] *Wolf-Regelt, K.-P.*: Verdichtung und Expansion von Halmgut. Grundl. d. Landtechnik 38 (1988) H. 2, S. 58-65.
 - [37] *Komoll, R.*: Neuerungen bei Ladewagen. AGRARTECHNIK 65 (1986) H. 3, S. 12-14.
 - [38] *Komoll, R.*: Entwicklungstendenzen des Ladewagenbaues. AGRARTECHNIK 67 (1988) H. 3, S. 14-20.
 - [39] *Röhrs, W., M. Schäffer*: Fernbedienungen. AGRARTECHNIK 65 (1986) H. 5, S. 60-69.
 - [40] *Friedrichsen, W., J. Block*: Grünfutter für Kühe – hydraulisch vom Acker geholt. Fluid (1987) H. 10, S. 16-21.
 - [41] *Friedrichsen, W., J. Block*: Hydrostatische Antriebe in Ladewagen. AGRARTECHNIK 66 (1987) H. 11, S. 38-46.
- ### 9.3 Halmfuttermähen und Halmfuttererwerb
- [1] –: Besseres Grundfutter für das Rindvieh. AID Nr. 176. Bonn: 1986.
 - [2] ● *KTBL*: Grünfütterernte und -konservierung. KTBL-Schrift 318. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1987.
 - [3] –: Rohfutter- und Getreideernte. Entwicklungstendenzen 1987. dlz 38 (1987) H. 11, S. 1499-1518.
 - [4] *Oehring, M.*: Früh geheut hat nie gereut. dlz 38 (1987) H. 5, S. 660.
 - [5] *Ratschow, J.-P.*: KTBL-Fachgespräch: Grünfütterernte und -konservierung. Landtechnik 42 (1987) H. 5, S. 192-193.
 - [6] ● *VDI*: VDI-Kolloquium Landtechnik, H. 2, Halmgut-Erntetechnik. Weihenstephan: 1985.
 - [7] *Zimmer, E.*: Verfahrenstechnik zur Verminderung von Ernte- und Konservierungsverlusten bei der Futterernte. Landtechnik von morgen (Schlüter-Seminar) Folge 25 (1986), S. 25-34.
 - [8] *Van Loo, L.*: Entwicklungstendenzen der Grünfütterergewinnung in den Niederlanden. Landtechnik 41 (1986) H. 4, S. 177-180.
 - [9] *Höhn, E.*: Was Trommel-, Scheiben-, Doppelmesser- und Fingerbalken-Mähssysteme tatsächlich leisten. dlz 35 (1984) H. 4, S. 548-554.
 - [10] *O'Dogherty, M. J., G. E. Gale*: Laboratory Studies of the Cutting of Grass Stems. Journal of Agr. Eng. Research 37 (1986) H. 35, S. 115-129.
 - [11] *Oehring, M., Lindt, P., H. Traulsen*: Mähwerke und Mähgutaufbereiter im Vergleich. dlz 36 (1985) H. 7, S. 1092-1097.
 - [12] *Bosma, A. H., A. P. Verkaik*: Voordroogkuil binnen één dag – Het veldwerk. Landbouw Mech. 37 (1986) H. 4, S. 394-397.
 - [13] *Bosma, A. H., A. P. Verkaik*: Voordroogkuil binnen één dag – De oogst. Landbouw Mech. 37 (1986) H. 4, S. 402-403.
 - [14] *Bosma, A. H., A. P. Verkaik*: Voordroogkuil binnen 24 uur. Landbouw Mech. 38 (1987) H. 4, S. 362-365.
 - [15] *Höhn, E.*: Quetschen und Schlagen – zählt sich das aus? dlz 37 (1987) H. 5, S. 661-667.
 - [16] *Höhn, E.*: Mähauflbereiter im Vergleichstest. Lohnunternehmer 42 (1987), S. 310-316.
 - [17] *Van Loo, L.*: Werktuigen voor de voederwinning. Landbouw Mech. 38 (1987) H. 1, S. 68-74.
 - [18] *Teichmann, M., Reißig, P., B. Zumpe*: Theoretische Stoppelhöhenermittlung an Schweißwerken für die Halmfütter- und Getreideproduktion. agrartechnik 36 (1986) H. 6, S. 248-251.
 - [19] *Krüger, G.*: Konstruktionsmerkmale einer elastisch-spielfreien Doppelmessererführung für Mähwerke. agrartechnik 36 (1986) H. 6, S. 253-256.
 - [20] *Hale, O. D.*: A Laboratory Technique for Evaluating and Comparing Forage Conditioning Machines. Journal of Agr. Eng. Research 37 (1986) H. 33, S. 243-256.
 - [21] *Klinner, W. E., O. D. Hale*: Design Evaluating of Crop Conditioners with Plastic Elements. Journal of Agr. Eng. Research 35 (1984) H. 30, S. 255-263.
 - [22] *Postma, G.*: Dairy today in USA. Landbouw Mech. 37 (1986) H. 12, S. 1275-1279.
 - [23] *Roberts, M.*: Brushing up on windows. Power Farming 65 (1986) H. 7, S. 27.

- [24] Roberts, M.: Wilting ways. Power Farming 66 (1987) H. 4, S. 18-19.
- [25] Rotz, C. A., Abrams, S. M., R. J. Davis: Alfalfa Drying Loss and Quality as Influenced by Mechanical and Chemical Conditioning. Transact. ASAE 30 (1987), S. 630-635.
- [26] Schmidt, K., H. Stromeyer: Möglichkeiten und Grenzen der Halmfuttersaufbereitung zur Trocknungsbeschleunigung auf dem Feld. agrartechnik 36 (1986) H. 6, S. 251-253.
- [27] Ahmels, P.: Bericht über eine neue Intensivaufbereitungsmaschine Halmfutter. Vortrag Internationale VDI-Tagung Landtechnik. Neu-Ulm: 1986.
- [28] Wandel, H., R. G. Koegel: Ein neuer Weg bei der Halmfuttersaufbereitung. Landtechnik 41 (1986) H. 4, S. 182-189.
- [29] Hendrian, J.: Glasnost – auch in der Landwirtschaft. DLG-Mitteilungen 102 (1987) H. 16, S. 864-874.
- [30] Maddison, A., G. Davys: Leaf protein – a simple technology to improve nutrition. Appropriate Technology 14 (1987), S. 10-11.
- [31] ● Pirie, N. W.: Leaf Protein and Its By-products in Human and Animal Nutrition. London: Cambridge Univers. Press, 1987.
- [32] Pirie, N. W.: An Economical Unit for Pressing Juice from Fibrous Pulps. Journal of Agr. Eng. Research 38 (1987) H. 38, S. 217-222.

10. Körnerfruchternte

10.1 Mähdrescher

- [1] Wacker, P., H. D. Kutzbach: Im Blickpunkt: Mähdrescher. Landtechnik 43 (1988) H. 1, S. 27-29.
- [2] Busse, W.: Modellvielfalt und Vielfruchteignung. DLG-Mitteilungen 102 (1987) H. 24, S. 1280-1283.
- [3] Kutzbach, H. D.: Aktuelle Dreschsysteme im Vergleich. Landwirtschaftliches Unternehmer-Seminar Gut Schlüterhof. Getreideproduktion 1986, H. 9, S. 219-241.
- [4] Wacker, P.: Vergleich der Arbeitsqualität von Axial- und Tangentialdreschwerken. 45. Internationale Tagung Landtechnik, Braunschweig: 22./23. Oktober 1987.
- [5] Norris, E. R., G. L. Wall: Effect of concave design factors on cylinder-concave performance in corn. Canadian Agricultural Engineering 28 (1986) H. 2, S. 97-99.
- [6] Korobitsyn, V. M.: Intensivierung des technologischen Prozesses im Dreschapparat (orig. russisch). Tekhn. sel'skom khoz, moskva (1985) H. 9, S. 37-38.
- [7] Gieroba, J., Dreszer, K., J. Nowak: The influence of grain combine harvesting on biological value of cereal grain. Proceedings of the 3rd international conference on physical properties of agricultural materials. Prag: 1985, S. 267-272.
- [8] ● Kustermann, M.: Beanspruchung realer Körper durch Stoß – dargestellt am Beispiel des Schlages gegen ein Maiskorn. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, Nr. 123. Dissertation Hohenheim: 1986.
- [9] Wacker, P.: Einflüsse auf die Dreschleistung von Mähdreschern. Landtechnik 40 (1985) H. 6, S. 273-277.
- [10] Caspers, L.: Neue alternative Dreschsysteme mit besonderer Beschreibung des Mehrtrommel-Abscheidesystems und seiner Leistungsfähigkeit. Grundl. d. Landtechnik 37 (1987) H. 4, S. 117-120.
- [11] Heijning, J. J., J. Meuleman: Physical properties in relation with separation. Proceedings of the 3rd international conference on physical properties of agricultural materials. Prag: 1985.
- [12] Srivastava, A. K., Mahoney, W. T., N. L. West: Effect of Crop Properties on Combine Performance. ASAE-Paper No. 86-1583.
- [13] ● Wacker, P.: Untersuchungen zum Dresch- und Trennvorgang von Getreide in einem Axialdreschwerk. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, Nr. 117, Dissertation Hohenheim: 1985.
- [14] Wang, Y., J. Ma: Research on principle of grain threshing and straw breaking in the axial-flow threshing apparatus (orig. chinesisch). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery (1987) H. 1, S. 80-90.
- [15] Ichikawa, T., T. Sugiyama: Development of a new combine equipped with screw type threshing and separating. Jarq 20 (1986) H. 1.
- [16] Kutzbach, H. D., P. Wacker: Mähdrescher gestern und heute. Landtechnik 41 (1986) H. 6, S. 264-267.
- [17] Kutzbach, H. D., H. Grobler: Einrichtungen zur Kornabscheidung im Mähdrescher. Grundl. d. Landtechnik 31 (1981) H. 6, S. 223-229.
- [18] ● Grobler, H.: Untersuchungen zur Korn-Stroh-Trennung mit überlagerten Beschleunigungen im Planetentrommelsortierer. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, Nr. 140, Dissertation Hohenheim: 1987.
- [19] Gonzalez, O. A., W. H. Grobler: Untersuchungen zum Einsatz eines Planetentrommelsortierers zur Korn-Spreu-Trennung. 45. Internationale Tagung Landtechnik, Braunschweig: 22./23. Oktober 1987.
- [20] Baumgarten, J.: Laboruntersuchungen zur Auslegung und Führung des Separationsprozesses in einer Mähdrescherreinigungseinrichtung. agrartechnik 37 (1987) H. 4, S. 165-168.
- [21] Freye, T., F. Heidjann: Gebrauchswert-Verbesserung an Mähdreschern. CIGR-Kongreß, S. 21-28, Budapest: 1984.
- [22] Böttinger, S., H. D. Kutzbach: Performance characteristics of a cleaning unit under various crop conditions. ASAE-Paper No. 87-1512.
- [23] Pfahler, K.: Einfluß der Hangneigung auf Verluste und Verfahrenstechnik bei der Getreideernte. Landtechnik 41 (1986) H. 6, S. 276-283.
- [24] ● Pfahler, K.: Einfluß der Hangneigung auf die Verfahrenstechnik am Beispiel des Anbaus von Getreide und Körnermais – eine Grundlage für die Bewertung hängiger Flurstücke. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, Nr. 119, Dissertation Weihenstephan: 1986.
- [25] Kutzbach, H. D.: Verringerung der Körnerverluste bei Mähdreschern im Hangeinsatz. Landtechnik 40 (1985) H. 6, S. 278-280.
- [26] Hemker, H.: Hangunempfindliche Reinigungseinrichtung für Mähdrescher durch dynamischen Hangaussgleich 3-D. 43. Internationale Tagung Landtechnik, Braunschweig: 7./8. November 1985.

- [27] *Caspers, L.*: Ernten von Sonderfrüchten mit dem Mäh-drescher. 45. Internationale Tagung Landtechnik. Braun-schweig: 22./23. Oktober 1987.
- [28] *Hill, L. G., G. E. Frehlich*: Effects of reducing Mog/G on combine performance. ASAE-Paper No. 85-1577.
- [29] *Köller, K.*: Dreschen mit zwei Mähwerken? top agrar 16 (1987) H. 6, S. 68-70.
- [30] *Klinner, W. E., Neale, M. A., Arnold, R. E., Geikie, A. A., R. N. Hobson*: A new concept in combine harvester headers. Journal of Agr. Eng. Research 38 (1987) H. 1, S. 37-45.
- [31] *Shabanov, P. A., Shokarev, A. N., J. K. Golubev*: Getreide-ernte mit der Hechelmethode (orig. russisch). Tekhn. sel'skom khoz, moskva (1985) H. 8, S. 12.
- [32] *Richardson, T.*: Stripper header ready to market. Power Farming 66 (1987) H. 10, S. 41-43.
- [33] *Hesse, H.*: Hydraulische Steuerungs- und Entlastungs-systeme für Schneidwerke. Schweizer Landtechnik 48 (1986) H. 6, S. 34-36.
- [34] *Kutzbach, H. D.*: Hydrostatische Antriebe und Steuerungen in Mähdreschern. o + p „Ölhydraulik und Pneumatik“ 30 (1986) H. 11, S. 822-828.
- [35] *Diekhans, N.*: Automatisierung am Mähdrescher. Grundl. d. Landtechnik 35 (1985) H. 4, S. 111-118.
- [36] *Welkin, P.*: Power on the land. Power Farming 67 (1988) H. 1, S. 7.
- [37] *Berner, D., Grobler, W. H., H. D. Kutzbach*: Sensoren zur Messung der Körnerverluste von Mähdreschern. Grundl. d. Landtechnik 35 (1985) H. 4, S. 127-132.
- [38] *Diekhans, N.*: Entwicklung eines neuen Sensors für Kör-nerverluste am Mähdrescher. 45. Internationale Tagung Landtechnik. Braunschweig: 22./23. Oktober 1987.
- [39] *Downs, H. W., Stone, M. L., Gould, L., D. Scranage*: Improving the ability of combine loss monitors to compensate for changes in crop conditions and harvester settings. ASAE-Paper No. 87-1513.
- [40] *De Baerdemaeker, J., Delcroix, R., P. Lindemans*: Monitoring the grain flow on combines. Proceedings of the Agri-Mation 1, conference & exposition, S. 329-337, Chicago: 25./28. Februar 1985.
- [41] *Heidemann, R., G. Stolpe*: Meßprinzip und Meßverfahren zur Ermittlung des momentanen Korndurchsatzes im Mähdrescher. agrartechnik 36 (1986) H. 10, S. 451-452.
- [42] *Wagner, L. E., M. D. Schrock*: Grain flow measurement with a pivoted auger. ASAE-Paper No. 86-1581.
- [43] *Hagerer, P., H. Köbsell*: Erste systemergonomische Unter-suchungen einer Arbeitsplatzgestaltung beim Mäh-drescher. Grundl. d. Landtechnik 36 (1986) H. 3, S. 87-93.
- [44] *Köbsell, H.*: Informationsverarbeitung bei der Maschinen-bedienung. Landtechnik 41 (1986) H. 11, S. 493-495.
- [45] *Stanek, J.*: Aufnahme visueller Informationen bei selbst-fahrenden Mähdreschern (orig. tschechisch). Zeme-delska Technika 32 (1986) H. 3, S. 129-136.
- [46] *Bae, Y. H., Borgelt, S. C., Searcy, S. W., Schueller, J. K., B. A. Stout*: Determination of spatially variable yield maps. ASAE-Paper No. 87-1533.
- [47] *Schueller, J. K.*: The current status of automation on self-propelled grain combines manufactured in North America. Proceedings of the Agri-Mation 1, conference & exposition, S. 306-311. Chicago: 25./28. Februar 1985.
- [48] *Regge, H.*: Bedeutung der Automatisierungstechnik für die Intensivierung der Getreideernte – Entwicklungs-stand, Trends und Aufgaben. agrartechnik 36 (1986) H. 10, S. 447-449.
- [49] *Diemichen, H., K. Richter*: Regelung der Haspeldrehzahl an Getreideschneidwerken für Mähdrescher. agrartechnik 37 (1987) H. 4, S. 159-161.
- [50] *Wang, G., Zoerb, G. C., F. W. Bigsby*: Prediction of combine optimum feedrate. CSAE/SCGR-Paper 86-203.
- [51] *Böttinger, S., H. D. Kutzbach*: Verminderung des Bedie-nungsaufwandes und Steigerung des Durchsatzes von Mähdreschern durch Einsatz elektronischer Einrichtun-gen. XXII. Internationaler Kongreß der Landarbeitswis-senschaften (CIOSTA/CIGR V), S. 195-200. Hohenheim: 23./27. September 1986.
- [52] *Mahoney, W. T., A. K. Srivastava*: Property based combine simulations model. ASAE-Paper No. 86-1578.
- [53] *Fekete, H.*: Der Einfluß der Belastungsregelung auf den Mähdreschereinsatz. Technische Universität Dresden. 1. Dresdener landtechnisches Kolloquium. Grundlagen automatischer Prozeßführung in der Getreideernte, S. 113-118. Dresden: 11./12. Februar 1986.
- [54] *Berner, D., W. H. Grobler*: Gesteuerte adaptive Regelung einer Mähdrescher-Reinigungsanlage. Grundl. d. Land-technik 36 (1986) H. 3, S. 73-78.

10.2 Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten

- [1] ● *Dederer, M.*: Ermittlung von Verfahrenskennwerten und vergleichende Beurteilung von Konservierungsverfahren für Corn-Cob-Mix. Dissertation Hohenheim: 1988.
- [2] ● *Oh, I.-H.*: Verfahren der Flüssigkonservierung von Ge-treide und Mais. Dissertation Kiel: 1985.
- [3] *Oh, I.-H., H. J. Heege*: Fließeigenschaften von Corn-Cob-Mix sowie Pumpleistung bei der Flüssigkonservierung. Grundl. d. Landtechnik 37 (1987), S. 47-53.
- [4] ● *Ceynowa, J.*: Mykologische Untersuchungen an luft-dicht gelagertem Getreide. Dissertation Kiel: 1986.
- [5] *Ringel, R., Estler, M., J. P. Ratschow*: Mühlen zum Zerklei-nern von Feuchtgetreide und Maiskorn-Spindel-Gemisch (Corn-Cob-Mix). KTBL-Arbeitsblatt Nr. 1076. Münster: 1987.
- [6] ● *Jungbluth, T., M. Dederer*: Verfahrenskennwerte der Konservierung von Feuchtgetreide in gasdichten Behäl-tern und unter Wasserzusatz. KTBL-Schrift 312. Münster: 1986.
- [7] *Birnkammer, H.*: Neue Verfahren der Konservierung von Feuchtkörnerfrüchten. Versuchsstation 1, Universität Hohenheim: 1987.
- [8] *Birnkammer, H.*: Zur Technik und zu den Zielen verschie-dener neuer Verfahren der Aufwertung und Haltbar-machung von Futtermitteln. Versuchsstation 1, Universität Hohenheim: 1987.

10.3 Körnertrocknung

- [1] ● —: Getreidejahrbuch 1983/84. Deimold: Verlag Moritz Schäfer, 1983.
- [2] *Mühlbauer, W.*: Technical and economical aspects of grain drying and storage in the Federal Republic of Ger-many. Proceedings of the Workshop „Present Status of Grain Handling Practices“, S. 18-48. Seoul (Korea): 1985.
- [3] *Mühlbauer, W.*: Entwicklungstendenzen bei der Trock-nung, Kühlkonservierung und Lagerung von Getreide und Mais. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 24-27 und Landtech-nik 43 (1988) H. 2, S. 30-33.
- [4] ● *Mühlbauer, W.*: Die Trocknung von Getreide und Mais. Habilitationsschrift. Universität Hohenheim: 1986.

- [5] *Eimer, M., B. Morcos*: Mikrobielle Entwicklung und Verderb bei der Lagerung und Konservierung von Getreide. *Landtechnik* 40 (1985) H. 6, S. 286-288.
- [6] *Kim, K. S., Shin, M. G., Kim, D. C., Rhim, J. W., Cheigh, H. S., Mühlbauer, W., T. W. Kwon*: Ambient-air in-bin drying of paddy with the modified flat-type store for small scale Korean farmer. *Journal of Korean Society of the Agricultural Machinery* 19 (1987), S. 50-56.
- [7] *Champ, B. R., E. Highley*: Preserving grain quality by aeration and in-store drying. Australian Centre for International Agricultural Research, proceedings of an International Seminar, Nr. 15. Kuala Lumpur (Malaysia): 1985.
- [8] *Brook, R. C.*: Control system development for near-ambient grain drying. Divisional Note DN1404, AFRC Institute of Engineering Research. Silsoe (Großbritannien): 1987.
- [9] *Brown, P. B., Otten, L., I. E. Brubaker*: Automatic timer control for a batch in-bin dryer. *Canadian Journal of Agric. Engineering* 29 (1987) H. 2, S. 179-182.
- [10] *Lasseran, I. C.*: Grain drying in France. ASAE-Paper No. 87-6014. St. Joseph, Michigan: 1987.
- [11] *Toftdahl-Olesen, H.*: Grain drying. Innovation Development Engineering ApS, Thisted (Dänemark): 1987.
- [12] *Mühlbauer, W., Hofacker, W., W. Mayer*: Wärmerückgewinnung bei einem Körnerfrucht-Durchlauftrockner. *Landtechnik* 42 (1987) H. 6, S. 242-246.
- [13] *Hofacker, W.*: Trocknungsverhalten und Qualitätsveränderungen von Weizen. Forschungsbericht des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft, H. 128. Hohenheim: Institut für Agrartechnik, 1986.

11. Hackfruchternte

11.1 Kartoffelernte

- [1] *Wulf, J.*: Stand und Entwicklungstendenzen von Verfahren und Mechanisierungsmitteln für die Kartoffelernte. AdL Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft. Schlieben/Bornim 3 (1986) 15.
- [2] *Peters, R.*: Technik im Kartoffelbau. KTBL-Schrift 276. Darmstadt: 1982.
- [3] *Specht, A.*: Ernte. Technik im Kartoffelbau II. RKL-Schrift, Kiel (1985), S. 555-567.
- [4] DLG-Prüfberichte über Kartoffelerntemaschinen. Sammelband. Frankfurt.
- [5] *Specht, A.*: Stand und Entwicklung der Kartoffelernte. *Landtechnik* 34 (1979), S. 455-458.
- [6] *Specht, A.*: Kartoffelsammelroder. Anforderungen, Baugruppen und Arbeitsweise. KTBL-Arbeitsblätter Landtechnik Nr. 0222. Darmstadt (1986).
- [7] *Specht, A.*: Kartoffelsammelroder im Vergleich. *Landtechnik* 36 (1981), S. 390-392.
- [8] *Specht, A.*: Entwicklung und Aussichten des geteilten Kartoffelernteverfahrens. *Der Kartoffelbau* 34 (1983), S. 230-234.
- [9] *Specht, A.*: Erst schwaden – dann laden. Zum Entwicklungsstand des geteilten Ernteverfahrens bei Kartoffeln. *Landtechnik* 42 (1987), S. 354-357.
- [10] *Specht, A.*: Beschädigungen an der Kartoffel vermeiden. AID-Schrift 1078. Bonn: 1987.

11.2 Zuckerrübenerte

- [1] *Brinkmann, W.*: Geräte und Verfahren für die Produktion von Rüben und Mais. *Landw. Lehrbuch* 4, *Landtechnik*, S. 279-338. Verlag Eugen-Ulmer 1985.
- [2] *Bertram, H. H.*: Zuckerrüben-Reinigung ohne Bruchverluste. *Landtechnik* 42 (1987) H. 9, S. 352-354.
- [3] *Brunotte, J.*: Einzelkornsaat von Rüben. Anforderungen und vergleichende Untersuchungen von Druckrollen. *Landtechnik* 41 (1986) H. 3, S. 128-130 u. S. 135-136.
- [4] *Buckel, R., Strätz, J., W. Brinkmann*: Einsatz einer neuen Methode zur Feststellung der Wirkung verschiedener Einbettungs- und Bedeckungswerkzeuge von Einzelkornsärgäten im Saat- bzw. Keimbett von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 111 (1986) S. 1007-1016.
- [5] *Hofmann, S. et al.*: Reinigungsintensitätsregelung an Zuckerrübenerntemaschinen. *AGRARTECHNIK* 66 (1987) H. 10, S. 445-447.
- [6] *Puhl, Th., J. Planken*: Zuckerrübindirektsaat – eine praktikable Alternative? *Zuckerindustrie* 111 (1986) H. 7, S. 655-658.
- [7] *Sommer, C. et al.*: Mit konservierender Bodenbearbeitung mehr Bodenschutz im Zuckerrübenanbau. *Die Zuckerrübe* 36 (1987) H. 1, S. 58-63.
- [8] *Strätz, J., W. Brinkmann*: Untersuchungen zur Verbesserung der Erdscheidung mit Wendelwalzen in Zuckerrübenerntemaschinen. *Die Zuckerrübe* 36 (1987) H. 6, S. 288-296.
- [9] *Tebrügge, F.*: Reduzierte Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben. *Die Zuckerrübe* 36 (1987) H. 4, S. 204-210.

12. Sonderkulturenernte

- [1] *Rühting, W.*: Mechanisierungsmöglichkeiten in Hang- und Steillagen. *Dt. Weinbau* 42 (1987) H. 15, S. 668-672.
- [2] *Bäcker, G.*: Maschinenvorführung zur Steillagenbewirtschaftung an der Mosel. *Dt. Weinbau* 42 (1987) H. 15, S. 677-681.
- [3] *Schulte-Karring, H.*: Geräte zur Beseitigung von Bodenverdichtungen. *Dt. Gartenbau* 41 (1987) H. 43, S. 2542-2545.
- [4] *Schulte-Karring, H.*: Die Beseitigung von Bodenverdichtungen. *Obst und Garten* 106 (1987) H. 9, S. 464-466.
- [5] *Clostermann, G., R. Klostermann*: Erfahrungen mit Alternativen zur chemischen Baumstreißenbehandlung. *Erwerbsobstbau* 29 (1987) H. 7, S. 221-224.
- [6] *Ollig, H.-W.*: Mechanische Unkrautbekämpfung – eine Alternative? *Obstbau* 12 (1987) H. 6, S. 252-256.
- [7] *Pfaff, F., E. Becker*: Weniger Herbizide durch neuzeitliche Bodenpflegesysteme. *Dt. Weinbau* 42 (1987) H. 9, S. 384-387.
- [8] *Ziegler, B.*: Die Möglichkeit der Unterzeilenbodenpflege im Weinbau. *Dt. Weinbau* 42 (1987) H. 31, S. 1369-1374.

- [9] Labowsky, H. J.: hortec '86 mit vielen Neu- und Weiterentwicklungen. Landtechnik 41 (1986) H. 10, S. 448-451 und Gemüse 22 (1986) H. 11, S. 420-428.
- [10] Peikert, K.: Weltneuheit: Das Cias-Pflanzenband. Dt. Gartenbau 40 (1986) H. 3, S. 90-91.
- [11] Götz, W.: Beachtliche Fortschritte bei der Pflanztechnik von Gemüse. Dt. Gartenbau 40 (1986) H. 41, S. 1939-1941.
- [12] Viehweg, F. J.: Technik für Aussaat und Pflanzung von Kopfkohl. Gemüse 23 (1987) H. 2, S. 50-53.
- [13] Hille, J.: Bejo bleibt am Wachsen. Gemüse 23 (1987) H. 11, S. 460.
- [14] Hartmann, H. D.: Erfahrungen mit Spargelpflanzmaschinen. Gemüse 23 (1987) H. 5, S. 240-244 und 247.
- [15] Pfaff, F., E. Becker: Mechanisierung der Laubarbeiten. Dt. Weinbau 42 (1987) H. 15, S. 681-683.
- [16] Rühling, W.: SITEVI 1987 – Fachausstellung für Weinbautechnik im zweiten Jahrzehnt ihres Bestehens. Dt. Weinbau 43 (1988) H. 1, S. 29-33.
- [17] Maul, D.: Mechanisierung der Rebschneidarbeiten im Weinbau. KTBL-Arbeitsblatt Weinbau Nr. 50 (1987).
- [18] Rühling, W.: Weinbautechnik auf der Intervitis '86. Landtechnik 41 (1986) H. 7/8, S. 335-337.
- [19] Maul, D.: Rationalisierung und Mechanisierung des Rebschnittes im Weinbau. Dt. Weinbau 41 (1986) H. 2, S. 73-78.
- [20] Labowsky, H.-J.: Folientunnel mechanisch in einem Arbeitsgang. Dt. Gartenbau 40 (1986) H. 31, S. 1442.
- [21] Labowsky, H.-J.: Die „Großen“ fehlten auf der DLG '86. Gemüse 22 (1986) H. 7, S. 292-295.
- [22] Diener, R. G., Elliott, K. C., Nesselroad, P. E., Adams, R. E., Blizzard, S. H., Ingle, M., S. Singha: Bulk handling of processing apples in orchard. Journal of Agr. Eng. Research 37 (1986) H. 33, S. 205-211.
- [23] Peterson, D. L., T. S. Kornecki: Mechanical Apple Harvester of T-Trellis Canopy. Trans. ASAE 30 (1987) H. 3, S. 597-600.
- [24] Kawamura, N., Namikawa, K., Fujiura, T., M. Ura: Study on agricultural robot. Research report on agricultural machinery, Nr. 15, Kyoto (Japan): 1985.
- [25] Slaughter, D. C., R. C. Harrell: Color Vision in Robotic Fruit Harvesting. Trans. ASAE 30 (1987) H. 4, S. 1144-1148.
- [26] Whittaker, A. D., Miles, G. E., Mitchell, O. R., L. D. Gaultney: Fruit Location in a Partially Occluded Image. Trans. ASAE 30 (1987) H. 3, S. 591-596.
- [27] Labowsky, H. J.: Agritechnica. Gemüse 22 (1986) H. 1, S. 4-8.
- [28] Fischer, H. G.: Neue Aspekte in der Technik im Weinbau. Agritechnica 87 – für den Winzer wichtig? Dt. Weinbau 42 (1987) H. 1, S. 26-28.
- [29] Rehkgler, G. E., J. A. Throop: Apple Sorting with Machine Vision. Trans. ASAE 29 (1986) H. 5, S. 1388-1397.

13. Landwirtschaftliches Bauen

- [1] –: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1987, S. 138. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [2] Hendrich, K.-H.: Zum Stand des landwirtschaftlichen Bauens aus der Sicht der Beratung. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 87, S. 1-14.
- [3] Piotrowski, J.: Landtechnik im Streiflicht. Landtechnik 41 (1986) H. 6, S. 263.
- [4] Piotrowski, J.: Entwicklungstendenzen im landwirtschaftlichen Bauen. Landtechnik 41 (1986) H. 5, S. 244-246.
- [5] Groh, G.: Das Unfallgeschehen in der Rindviehhaltung und Ableitung baulich-technischer Unfallverhütungsmaßnahmen. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 85, S. 247.
- [6] Schrader, H.: Zur wirtschaftlichen Entwicklung der Landwirtschaft – Konsequenzen für die zukünftigen Gebäudeinvestitionen. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 87, S. 26-42.
- [7] Piotrowski, J.: Landwirtschaftliches Bauen bei eingeschränkter Einkommensentwicklung – Folgerungen für das landwirtschaftliche Bauen und Einrichten. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 87, S. 74-100.
- [8] Schön, H., Artmann, R., Schlünsen, D., J. Stumpenhauen: Zur technischen und elektronischen Entwicklung in der Tierhaltung. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 87, S. 42-74.
- [9] V. d. Weghe, H.: Bau- und haltungstechnische Lösungsansätze sowie offene Fragen in der Schweinehaltung. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 87, S. 123-136.
- [10] Hagemann, D.: Staatliche Maßnahmen gegen Umweltbelastungen durch Tierhaltung. Bauen für die Landwirtschaft 24 (1987) H. 2, S. 6-9.
- [11] Hagemann, D.: Landwirtschaftliche Bauten als Eingriff in die Umwelt. Landbauforschung Völknerode 37 (1987) Sonderheft 87, S. 140-148.
- [12] –: Tierschutzgesetz, Fassung vom 18. 08. 1986, BGBl, S. 1319, Bonn: 1986.
- [13] Hillendahl, W.: Boxenständerställe. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 1070. Landtechnik 41 (1986) H. 6, S. 277-283.
- [14] Hillendahl, W.: Neubau eines Freizeitpferdestalles in Holzmastenbauweise. Institutsbericht 47, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL. Braunschweig: 1986.
- [15] Englert, G.: Außenwände für Wirtschaftsgebäude. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 45-48.
- [16] Von Amende, H.: Wände für Ställe. KTBL-Arbeitsblatt 1069. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 29-32.
- [17] Liersch, K. W.: Dächer in der Landwirtschaft. Belüftungstechnische Kriterien. Das Dachdecker-Handwerk 107 (1986) H. 23, S. 14-21.
- [18] Pechert, H.: Dächer in der Landwirtschaft, Bauphysikalische und nutzungsbedingte Anforderungen. Das Dachdecker-Handwerk 107 (1986) H. 23, S. 22-28.
- [19] Gartung, J.: Dächer in der Landwirtschaft, Dachformen und Dachdeckungen. Das Dachdecker-Handwerk 107 (1986) H. 23, S. 29-31.
- [20] –: DIN 18910. Klima in geschlossenen Ställen. Entwurf Okt. 1987.
- [21] –: VDI-Richtlinie 3471. Emissionsminderung, Tierhaltung – Schweine. Juni 1986.

- [22] –: VDI-Richtlinie 3472. Emissionsminderung, Tierhaltung – Hühner. Juni 1986.
- [23] Borchert, K.-L.: Berechnung des Wärmebedarfs geschlossener Ställe, Vorschläge zur Änderung der DIN 18910. ILB-Institutsbericht Nr. 54 (1987), Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.
- [24] Leuschner, P.: Einsatz zur Mikroelektronik bei der Stallklimatisierung. Landtechnik 41 (1986) H. 11, S. 485.
- [25] Leuschner, P.: Klimatechnik für die Broilermast. Landtechnik 42 (1987) H. 7/8, S. 294-297.
- [26] Leppack, E.: Belüftungssysteme für Kartoffellager – international. Landtechnik 41 (1986) H. 11, S. 488-490.
- [27] Schirz, St.: Stalllüftung und Emissionsfragen – gesetzliche Neuregelungen und ihre Auswirkungen auf die technische Entwicklung. Landtechnik 41 (1986) H. 10, S. 452.
- [28] Piotrowski, J., Hillendahl, W., G. Meier: Beispielhafte bauliche Konzepte für unterschiedliche Betriebssituationen in der Mast Schweinehaltung – tier- und umweltgerecht. KTBL-Schrift 313, S. 121-126, Darmstadt: 1986.
- [29] Hillendahl, W.: Werden Umbauten notwendig. Der Tierzüchter 38 (1986) H. 8, S. 332-334.
- [30] Hillendahl, W.: Zum Umbau landwirtschaftlicher Betriebsgebäude. Landtechnik 40 (1985) H. 5, S. 210-211.
- [31] Piotrowski, J., S. Achilles: Nutzung vorhandener Gebäudesubstanz für eine zeitgemäße Rinderhaltung. Landtechnik 40 (1985) H. 5, S. 212-215.
- [32] Gartung, J.: Systematik einer EDV-geregelten Verschlüsselung und Abspeicherung von Gebäudeelementen für landwirtschaftliche Gebäude und bauliche Anlagen. Institutsbericht 56 (1987), S. 570. Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Braunschweig: 1987.
- [33] Nacke, E.: Mit KALBAU Investitionsbedarf und Kosten von Gebäuden kalkulieren. Landtechnik 42 (1987) H. 7, S. 336-339.
- [34] Schön, H., H.-L. Wenner: Haltungssysteme Milchvieh. KTBL-Schrift 315, S. 204. Darmstadt: 1987.
- [35] Piotrowski, J., J. Gartung: Bau- und haltungstechnische Beurteilung von Wirtschaftsgebäudesystemen für die Milchviehhaltung. Landtechnik 42 (1987) H. 4, S. 144-146.
- [36] ● Krentler, J.-G., J. Gartung: Daten zur Ermittlung von Gebäudepreisen. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft, 13. Auflage, S. 268-275 und 288-299. Münster-Hiltrup: Landwirtschafts-Verlag, 1986
- [37] –: Bauförderung Landwirtschaft: Baubrief 30: Mast Schweinehaltung. Münster-Hiltrup: Landwirtschafts-Verlag, 1987.
- [38] Krentler, J.-G.: Grundlagen für Planung und Bau von Schweineställen. Bauen für die Landwirtschaft 24 (1987) H. 1, S. 7-10.
- [39] Hagemann, D.: Umweltrecht im landwirtschaftlichen Bauen. KTBL-Arbeitsblatt 1043.
- [40] Hagemann, D.: Zum Begriff der Landwirtschaftl. Landbauforschung Völkenrode 36 (1986), S. 106 ff.
- [41] Gelzer, K.: Die „gartenbauliche Erzeugung“, eine neue Formulierung zur Zuordnung des Gartenbaus zum bauplanungsrechtlichen Begriff der Landwirtschaft. Bau-recht 18 (1987), S. 485 ff.
- [42] Hötzel, H.-J.: Umweltvorschriften für die Landwirtschaft, S. 188 ff. Stuttgart: 1986.
- [43] Hagemann, D., H. Pötter: Arbeits- und Bautenschutz in der Landwirtschaft. dlz 11 (1987), S. 1540 ff.
- [44] Herms, A.: Der landwirtschaftliche Betrieb in der Dorfstruktur – Standortssicherung landwirtschaftlicher Betriebe in der Dorfentwicklung. Broschüre über eine Fachtagung der Nieders. Landwirtschaftskammern und der ALB Niedersachsen 1986, S. 5-17.
- [45] Herms, A.: Rahmenkonzepte für die Dorfentwicklung, notwendige Hilfsmittel zur qualitativen Aufwertung der Dörfer. Der Landkreis 56 (1986) H. 6, S. 256-259.
- [46] Herms, A.: Dorferneuerung und ländlicher Raum – welche Perspektiven verbinden sich damit? Der Landkreis 56 (1986) H. 6, S. 243-245.
- [47] Herms, A.: Die Agrarplanung als konzeptioneller Beitrag für die Bauleitplanung und für eine geregelte Ortsentwicklung. Die Niedersächsische Gemeinde 38 (1986), S. 172-176 u. a.
- [48] Herms, A.: Anforderungen an den Dorferneuerungsplan aus landwirtschaftlicher Sicht. DLG-Mitteilungen 101 (1986) H. 24, S. 1314 ff.
- [49] Herms, A.: Landwirtschaft in der Ortsentwicklung – eine praxisorientierte Methodik für Planungen und gemeindliche Entscheidungen. Bericht 50 des Instituts für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL – Braunschweig: 1986.
- [50] Herms, A.: Dörfliche Gemengelage – Beurteilung und mögliche Einflüsse auf eine funktionsgerechte Berücksichtigung landwirtschaftlicher Hofstellen bei der weiteren Ortsentwicklung. Landbauforschung Völkenrode 37 (1987) H. 3, S. 150-157.
- [51] Landzettel, W. u. a.: Architektenwettbewerbe zur Dorferneuerung in Niedersachsen. Eine Informationsschrift des Niedersächsischen Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover: 1987.
- [52] Landzettel, W. u. a.: Ländliche Siedlung in Niedersachsen. Eine Informationsschrift des Niedersächsischen Sozialministeriums, Hannover: 1981.
- [53] Landzettel, W. u. a.: Mensch und Bauwerk, Dorfentwicklung in Hessen. Eine Informationsschrift des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Forsten, Wiesbaden: 1981.
- [54] Grube, J.: Praxis der Dorferneuerung. Neues Archiv für Niedersachsen 33 (1984) H. 4, Universität Göttingen.
- [55] Piotrowski, J.: Arbeitssicherheit bei der Tierhaltung durch bauliche Maßnahmen. Berichtssammlung über intern. Kolloquium für Arbeitssicherheit in der Landwirtschaft 1987, Celle BLB, Kassel, S. 1-14.
- [56] Groh, G.: Katalog von baulich-technischen Mindestanforderungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit in Gebäudesystemen der Mast Schweinehaltung in den EG-Staaten. Institutsbericht Nr. 55, Okt. 1987, S. 140, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Braunschweig.
- [57] Brummer, K., Hillendahl, W., G. Groh: Katalog von baulich-technischen Mindestanforderungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit in Gebäudesystemen der Milchviehhaltung in den EG-Staaten. ILB-Institutsbericht Nr. 40, Okt. 1985, 30 Textseiten, S. 250, Materialband.
- [58] Hagemann, D., G. Groh: Studie über bestehende baurechtliche, sicherheitstechnische, baustatische Anforderungen an landwirtschaftliche Gebäudesysteme in den EG-Staaten. ILB-Arbeitsbericht Okt. 1984, 132 Textseiten, Seiten 392, Materialband.

- [59] Gartung, J., J.-G. Krentler: Investitionsbedarf für Gebäude und bauliche Anlagen der Milchviehhaltung. Institutsbericht 53, 1987, 104 S., Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Braunschweig.
- [60] Strauß, H.-D.: Boxenlaufställe für kleine Herden. Landtechnik 42 (1987) H. 2, S. 74-75.
- [61] Benninger, D.: Einsatz mobiler Melkstände in Laufställen. Landtechnik 42 (1987) H. 2, S. 72.
- [62] Irps, H.: Stall- und Weidemelkstand für kleine Kuhbestände. Landtechnik 42 (1987) H. 4, S. 155-157.
- [63] Krentler, J.-G.: Historischer und heutiger Stand bei der Unterbringung von Kälbern. Agrar-Übersicht 38 (1987) H. 12, S. 78-79.
- [64] Irps, H.: Vergleichsversuch mit Mastbullen in einstreulosen Haltungssystemen. Institutsbericht 57 (1987), 97 S., Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Braunschweig.
- [65] Gartung, J., J.-G. Krentler: Wie kann man Mastschweinställe günstig erstellen oder umbauen? DLG-Mitteilungen 101 (1986) H. 23, S. 1260-1262.
- [66] Hellmuth, U.: Welchen Stallfußboden bevorzugen Sauen? Landtechnik 42 (1987) H. 9, S. 378-381.
- [67] Mittrach, B.: Zur Bodengestaltung in Schweineställen. Landtechnik 41 (1986) H. 3, S. 142-144.
- [68] Klein, F. W.: Quo vadis deutsche Geflügelwirtschaft? Landtechnik 42 (1987) H. 7/8, S. 290-293.
- [69] Borchert, K.-L.: Neues Stallsystem für Legehennen. Traktor aktuell 20 (1986) H. 2, S. 31.
- [70] Marten, J.: Technik in der Pferdehaltung. Landtechnik 39 (1984) H. 4, S. 174-176.
- [71] Piotrowski, J., W. Viedt: Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung mit individueller Vorratsfütterung. Pony-Magazin (1986) H. 8, S. 21-24 und H. 10, S. 26-33.
- [72] Piotrowski, J., Fricke, W., W. Viedt: Neue Formen der Pferdehaltung unter alten Dächern. Bayern Pferde (1987) H. 10, S. 6-7.
- [73] Marten, J.: Leitsätze im Stallbau für Schafe. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 1072. Landtechnik 41 (1986) H. 10, S. 437-442.
- [74] Fricke, W.: Das Becken im Feld – Gemeinschaftliche Gülleunterbringung im Erdlager. DLG-Mitteilungen 101 (1986) H. 23.
- [75] Krentler, J.-G.: Moderne Verfahren zur Güllelagerung bei steigenden Lagerzeiten. Dokumentation des Int. Landbautechnik-Symposiums der CIGR – Sektion II, S. 87-104. Pretoria: 1987.
- [76] Krentler, J.-G.: Was für ein Güllelager kann man bauen? Agrar-Übersicht 37 (1986) H. 11, S. 77-79 und H. 12, S. 76-79.
- [77] Piotrowski, J., Fricke, W., D. Hagemann: Mit Kunststoffbahnen ausgekleidete Erdbecken zur Flüssigmistlagerung. Umweltgerechter Landbau braucht Kunststoff. KTBL-Arbeitspapier 102 (DK 678), S. 59-72, Darmstadt: 1986.
- [78] Vonholdt, K.: Güllebehälter auf der DLG-Ausstellung in Hannover. Landtechnik 41 (1986) H. 9, S. 403-406.
- [79] Vonholdt, K.: Bauliche Anforderungen an Siloplaten mit Gärtaftbehälter. Landtechnik 42 (1987) H. 3, S. 123-127.
- [80] Herms, A., W. Hillendahl: Planen und Anlegen von Hofbefestigungen und Feldwegen. Landtechnik 41 (1986) H. 1, S. 48-51.
- [81] V. Zabeltitz, Ch.: Folien als Gewächshausbedachung. Landtechnik 42 (1987) H. 7/8, S. 326-327.
- [82] Felbinger, B.: KTBL-Datenbank: Gewächshäuser und Heizungen im Gartenbau. Landtechnik 42 (1987) H. 7/8, S. 328-330.

14. Technik in der Rindviehhaltung

- [1] ● Dencker, C. H.: Handbuch der Landtechnik. Hamburg, Berlin 1961.
- [2] ● Segler, G.: Maschinen in der Landwirtschaft, Hamburg, Berlin 1956.
- [3] ● Eichhorn, H.: Landwirtschaftliches Lehrbuch Landtechnik. Stuttgart 1985.
- [4] ● Wenner, H. L.: Die Landwirtschaft, Landtechnik, Bauwesen. München, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1986.
- [5] ● Agrarbericht der Bundesregierung, Bonn 1988.
- [6] ● Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1986.
- [7] ● Boxberger, J.: Wichtige Verhaltensparameter von Kühen als Grundlage zur Verbesserung der Stalleinrichtung. TU München-Weihenstephan 1983.
- [8] Jakob, P., Th. Oswald: Heutige Anforderungen an die Kurzstallhaltung. Schweizer Landtechnik (1986) H. 6.
- [9] –,-: DIN 11843: Kurzstand für Milchviehhaltung, Standabtrennung. Berlin und Köln 1986.
- [10] Wander, J. F.: Tieransprüche an Haltungseinrichtungen. Landtechnik 30 (1975) H. 11, S. 465-468.
- [11] Hammer, K., Boxberger, J., B. Mittrach: Liegeboxen für Kühe und weibliche Jungrinder. Arbeitsblatt 02.03.15, ALB-Bayern, 1986.
- [12] ● Bockisch, F. J.: Beitrag zum Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall. TU München-Weihenstephan 1985.
- [13] Cermak, J.: The Influence of Layout and Design of Mangers and Cubicles on Behavior and Welfare of Dairy Cows. CIGR, Champaign/Urbana 1987.
- [14] Metz, J. H. M., P. Mekking: Crowding Phenomena in Dairy Housing Systems. Appl. Anim. Behav. Sci. 12 (1984), S. 63-78.
- [15] ● Metz, J. H. M., H. K. Wierenga: Behaviora Criteria for Design of Housing Systems for Cattle. Cattle Housing Systems, Lameness and Behavior, Dordrecht 1987.
- [16] ● Potter, M. J., D. M. Broom: The Behavior and Welfare of Cows in Relation to Cubicle House Design. Cattle Housing Systems, Lameness and Behavior, Dordrecht 1987.
- [17] ● Boxberger, J., K. Kempkens: Locomotion of cattle in loose housing systems. Cattle Housing Systems, Lameness and Behavior, Dordrecht 1987.
- [18] Boxberger, J., Kempkens, K., M. Kirchner: Verhaltensanalysen zur Optimierung von Stallsystemen. Bayer. Landw. Jahrbuch 64 (1987) H. 4, S. 409-422.
- [19] Boxberger, J., K. Kempkens: Locomotion of cattle in loose housing systems. Latest Developments in Livestock Housing, Trans. ASAE 22 (1979), S. 179-190.
- [20] ● Maton, A.: The influence of the Housing System on Claw Disorder with Dairy Cows. Cattle Housing Systems, Lameness and Behavior. Brussels 1987.

- [21] Zeeb, K.: Wieviel Lauffläche brauchen Milchkühe? Tierzüchter 39 (1987) H. 4, S. 169-170.
- [22] -, -: DIN 18908: Fußböden für Stallanlagen, Spaltenböden aus Stahlbeton und Holz. Berlin und Köln 1980.
- [23] Pfadler, W.: Ermittlung optimaler Funktionsmaße von Spaltenböden in Milchviehlaufställen. TU München-Weihenstephan 1981.
- [24] Boxberger, J.: Verhaltensangepaßte Trinkwasserversorgung von Rindern und Schweinen. Dtsch. tierärztl. Wschr. 93 (1986) H. 7, S. 182-289.
- [25] Haltungssysteme Milchvieh. KTBL-Schrift 315, Münster-Hillrup: Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [26] Sauer, H.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulationen in der Milchviehhaltung. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG. TU München-Weihenstephan 1981.
- [27] Worstorff, H.: Melktechnik. Sonderheft top agrar, 1986.
- [28] Weber, W.: Neuheiten zur Milchgewinnung und -lagerung. Landtechnik 41 (1986) H. 7/8, S. 328-330.
- [29] -, -: DIN/ISO 5707: Melkanlagen, Konstruktion und Leistung, 1983.
- [30] Appleman, R. D., C. F. Micke: Relationship of Milking Systems to Adequacy of Milking. J. Dairy Sci. 56 (1973), S. 1150-1156.
- [31] Worstorff, H.: Melktechnische Grundlagen und deren biotechnische Umsetzung. Bayer. Ldw. Jahrbuch 64 (1977) H. 4, S. 475-484.
- [32] Mein, G. A., Williams, D. M., C. C. Thiel: Compressive load applied by the teatcup liner to the bovine teat. J. Dairy Res. 54 (1987), S. 327-337.
- [33] Wehowsky, G., Moritz, P., Tröger, F., H. Lohr: Zur Bestimmung der Wirkung von Stimuli mittels gezielter Auslösung unvollständiger Alveolarmilchejektionen. Wiss. Z. Karl-Marx Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 35 (1986) H. 3, S. 273-282.
- [34] Tröger, F., H. Lohr: Verfahren zur Mechanisierung des Anrüstens (Eutermassage) beim Melken der Kühe mit der Maschine. Tierzucht 21 (1967), S. 1984-1988.
- [35] Wehowsky, G., Bothur, D., Landgraf, R., Moritz, P., A. Schumann: Intervall-Druckluftpulsation, eine neue Stimulationsvariante insbesondere für Stallmelkanlagen. Mh. Vet. Med. 37 (1982), S. 543-548.
- [36] Hoefelmayr, T., J. Maier: Europapatent 0032752, 1984.
- [37] Worstorff, H., Prediger, A., Karch, G., H. Mayer: Zur Funktionstheorie maschineller Vorstimulation von Kühen am Beispiel der Vibrations-Pulsierung. Milchwissenschaft 42 (1987) H. 6, S. 353-356.
- [38] Karch, G., Worstorff, H., A. Prediger: Untersuchungen zum maschinellen Anrücken mit dem Vibrationsverfahren unter besonderer Berücksichtigung des Zitzengummityps. Milchwissenschaft 43 (1988) H. 1, S. 18-21.
- [39] Worstorff, H.: Vakuumverhältnisse im Melkzeug in Abhängigkeit von der Pulsierung. Milchwissenschaft 33 (1978), S. 159-162.
- [40] Scholtysik, B., H. Worstorff: Verbesserung der Vakuumbedingungen bei Melkanlagen durch Luftabscheidung und getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport. Grundl. d. Landtechnik 29 (1979) H. 5, S. 155-158.
- [41] Cowhig, M. J.: Factors affecting Milking Performance. Proc. Symp. Mach. Milking, NIRD Reading (1968), S. 15-25.
- [42] Worstorff, H., T. Hoefelmayr: Zur Strömungsmechanik der Melkeinheit. Milchwissenschaft 32 (1977) H. 7, S. 385-390.
- [43] ● Nordegren, S. A.: Cyclic vacuum fluctuations in milking machines. Diss. Univ. Hohenheim 1980.
- [44] Weber, W.: Entwicklung der Melktechnik und Milchbehandlung in milcherzeugenden Betrieben. Bayer. Ldw. Jahrb. 64 (1987) H. 5, S. 537-568.
- [45] ● Engelke, E.: Melken mit Niedrigvakuum. Diss. Karl-Marx Universität Leipzig 1987.
- [46] Hoefelmayr, T.: Verfahren zum selbständigen Ausmelken beim maschinellen Milchentzug. Deutsches Patent DE 2844562 C2, 1983.
- [47] Thum, E., Uhmann, F., Färber, K., Wappler, A., Billhardt, J., S. Weiske: Stimulation des Milchejektionsreflexes mittels alternierender Pulsfrequenz. Wiss. Zt. Karl-Marx Universität Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 35 (1986) H. 3, S. 261-271.
- [48] Ladig, F., M. Mayntz: Untersuchungen zum Einfluß des Zitzengummikopfes auf die Qualität des Milchentzugs in einem umfangreichen Tierexperiment. Milchwissenschaft 38 (1983) H. 5, S. 276-279 u. H. 7, S. 413-415.
- [49] Bothur, D., G. Wehowsky: Beziehungen zwischen Milchstrom und Euterentleerung in der Endphase des Melkprozesses. Mh. Vet. Med. 31 (1976) H. 19, S. 734-739.
- [50] Worstorff, H., A. Prediger: Bessere Information über das Melkende von Kühen. Landtechnik 42 (1987) H. 6, S. 259-261.
- [51] Graupner, M., H.-J. Rudowski: Ertragsentwicklung beim Nachmelken mit einer automatischen Nachmelk- und Abnahmevorrichtung gegenüber dem Standard (TGL 22257). Tierzucht 39 (1985), S. 375-377.
- [52] Schön, G.: Automatisierte Milchviehhaltung – eine Utopie? Landtechnik 41 (1986) H. 5, S. 220-223.
- [53] Rabold, K.: Vollautomatisches Melken. Landtechnik 41 (1986) H. 5, S. 224-226.
- [54] Ordolf, D.: Vollautomatisches Melken. Landtechnik 41 (1986) H. 5, S. 227-229.
- [55] -, -: International Committee for Recording the Productivity of Milk Animals: Specification for the approval of milk recording meters and recording jars including recommended procedures for routine checking in farm use (1984).
- [56] Heeschen, W.: Brüssel verschärft die Milchkontrollen drastisch. top agrar 16 (1987) R4-R7.
- [57] ● Spahr, S. L., Puckett, H. B., Fernando, R. S., E. D. Rodda: Analysis of incline conductivity data. Proc. Symp. Autom. Dairying. S. 79-88. Wageningen, 1983.
- [58] ● Rossing, W., Benders, E., Hogewerf, P. H., Hopster, H., K. Maatje: Practical experiences with real-time measurements of milk conductivity for detecting mastitis in a early stage. Proc. Symp. Autom. Dairying, S. 138-146. Wageningen, 1987.
- [59] Paul, W., Speckmann, H., W. Ihle: Die Messung der Leitfähigkeit beim Milchentzug. Grundl. d. Landtechnik 34 (1984) H. 5, S. 192-198.
- [60] Dirndorfer, J., H. Betz: Ökonomische Aspekte der Milchkühlung und Wärmerückgewinnung auf dem Erzeugungsbetrieb. Milchpraxis 23 (1985) H. 2, S. 60-64.

- [61] ● *Ekern, A.*: Roughage intake in high yielding cows when fed grass silage ad libitum. Meldinger fra Norges landbruks hogskole 51 (1972) Nr. 32.
- [62] *Hemminger, R., M. Kirchgeßner*: Fütterungstechnische Einflüsse auf die Silageaufnahme des Rindes. Wirtschaftseigenes Futter 18 (1972), S. 119-121.
- [63] *Kirchgeßner, M., R. Hemminger*: Zur Reihenfolge der Futtermittel in der Milchviehhaltung. Wirtschaftseigenes Futter 18 (1972), S. 1-3.
- [64] ● *Ostergaard, V.*: Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsog. Kobenhavn, 1979.
- [65] *Rohr, K., Lebzien, P., Schafft, H., H. Honig*: Zum Einfluß einer intensiven Nachzerkleinerung von Maissilage auf die Stoffumsetzung in den Vormägen der Milchkühe. Journal Animal Physiology and Animal Nutrition 55 (1986), S. 121-128.
- [66] *Schwarz, F. J., M. Kirchgeßner*: Häcksellänge von Maissilage und ihr Einfluß auf Futteraufnahme und Milchleistung. Wirtschaftseigenes Futter 28 (1982) H. 2, S. 97-106.
- [67] *Schwarz, F. J., Kirchgeßner, M., W. Heimbeck*: Zum Einfluß von Häcksellänge und Aufbereitung von Maissilage auf Mast- und Schlachtleistung von Jungbullen. Wirtschaftseigenes Futter 31 (1985) H. 1, S. 5-19.
- [68] *Voigt, J., Piatkowski, B., R. Krawielitzki*: Die Wirkung der Reihenfolge von Grobfutter und Konzentration in der Fütterung auf die Kohlenhydratverdauung und bakterielle Proteinsynthese im Pansen der Milchkuh. Archiv Tierernährung 28 (1978), S. 67-76.
- [69] *Krinner, L.*: Untersuchungen an Laufkrananlagen. Landtechnische Forschung 19 (1971) H. 3/4, S. 106-111.
- [70] *Pirkelmann, H., L. Maier*: Entnahme von Mais- und Grassilage aus Hochsilos. DLG Merkblatt 194, 1982.
- [71] ● *Bischoff, Th., Meuthner, R., H. Wandel*: Zur Entnahme und Vorlage von Heu. KTBL-Schrift 247 (1982), S. 102-118.
- [72] ● *Meuthner, R.*: Verfahrenstechnische Beurteilung und Verbesserung der Futterentnahme und -vorlage aus Heustapeln. MEG-Schriftenreihe 55, 1981.
- [73] ● *Bosma, A. H., Weidinger, A., L. Maier*: Leistungsmessungen an Silobodenfräsen. JLR Rapport Nr. 218. Wageningen, 1973.
- [74] *Bosma, A. H.*: Bovenlossers/verdelers in torensilos. IMAG-Publikatie 118.
- [75] *Jakob, R.*: Erfahrungen mit Obenentnahmefräsen. FAT Arbeitsblätter 85, 1975.
- [76] ● *Zillbauer, J.*: Silageentnahme: Obenfräsen. Landtechnische Schriftenreihe des ÖKL, H. 51. Wien.
- [77] *Pirkelmann, H., L. Maier*: Sternradfräse ein neues System zur Obenentnahme von Silage. dlz 28 (1977) H. 11, S. 1086-1090.
- [78] *Pirkelmann, H.*: Technischer Fortschritt in der Rinderfütterung. Bayer. Landw. Jahrbuch 61 (1984) H. 1, S. 109-121.
- [79] ● *Pirkelmann, H.*: Techniken zur Entnahme und Fütterung aus Flachsilo. RKL-Schrift (1983), S. 369-439.
- [80] *Weghe, van den*: Blockschneidegerät zur Futterentnahme aus den Flachsilo – Typentabelle. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 0201, 1983.
- [81] *Pirkelmann, H., L. Maier*: Siloblockschneider im Systemvergleich. Agrarpraxis 103 (1987) H. 11, S. 80-82.
- [82] *Weghe, van den*: Behälter- und Ladefräsen, Fräswagen und sonstige Geräte zur Futterentnahme aus dem Flachsilo – Typentabelle. KTBL-Arbeitsblatt 0202, 1983.
- [83] *Jakob, R.*: Futtermischwagen – Technik und Einsatzmöglichkeiten. FAT-Blätter für Landtechnik 148, 1979.
- [84] *Coppock, C. E., Everett, R. W., Smith, N. E., Slack, S. T., J. P. Harner*: Variation in forage preference in dairy cattle. Journal of Animal Science 39 (1974), S. 1170-1179.
- [85] *Greenhalgh, J. F. D., R. W. Reid*: Complete diets for dairy cows: comparison of feeding to appetite with rationing according to milk yield. Journal of Agricultural Science 94 (1980), S. 715-727.
- [86] ● *Krohn, C. C., P. E. Andersen*: Rations with beet or barley fed separately or in complete ration for dairy cows. 480. Beretning fra Statens Husdyrbrug forsog. Kopenhagen, 1979.
- [87] *Rohr, K.*: Alleinfutter für Milchkühe. Übersicht Tierernährung 7 (1979), S. 217-234.
- [88] *Schwarz, F. J., M. Kirchgeßner*: Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei Verfütterung des Grundfutters einzeln oder in Mischung. Wirtschaftseigenes Futter 28 (1982) H. 2, S. 84-96.
- [89] *Schwarz, F. J., Böhm, M., M. Kirchgeßner*: Zum Einsatz von Futtermischungen in der Milchviehfütterung und deren Einfluß auf die Futteraufnahme und Milchleistung. Bayer. Landw. Jahrbuch 60 (1983), S. 387-395.
- [90] *Wray, J. P.*: The Effect of mixture of dietary ingredients on food intake by dairy cows. Animal Production 30 (1980), S. 500.
- [91] ● *Lehmer, M.*: Herstellung von Grund-Kraftfuttermischungen in Futtermischwagen und deren Einsatz in der Milchviehhaltung. MEG-Schrift 63.
- [92] *Kaufmann, W., Rohr, K., Daenicke, R., H. Hagemeister*: Versuche über den Einfluß der Fütterungsfrequenz auf die Vormagenverdauung, Futteraufnahme und Milchleistung. Sonderh. Ber. Ldw. 191 (1975), S. 269-295.
- [93] *Lindner, H. P., Kirchgeßner, M., F. J. Schwarz*: Zur Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz von Grund- und Kraftfutter. Züchtungskunde 51 (1979) H. 3, S. 215-226.
- [94] *Pirkelmann, H.*: Techniken zur Kraftfuttermittelvorgabe im Anbindestall. Agrar-Übersicht 33 (1982) H. 2, S. 50-53.
- [95] ● *Schön, H., Pirkelmann, H., Schlünsen, D., R. Artmann*: Neuere technische Entwicklungen zur leistungsgerechteren Kraftfütterung in der Rinderfütterung. Moderne Techniken und wirtschaftlicher Kraftfüttereinsatz in der Rinderfütterung. MFI-Schriftenreihe (1982), S. 37-57.
- [96] ● *Artmann, R.*: Verfahren zur programmierten Fütterung von Kraftfutter. Programmierte Fütterung und Herdenüberwachung in der Milchviehhaltung. Landbauforschung Völknerode 32 (1982) H. 62, S. 104-120.
- [97] *Pirkelmann, H.*: Techniken zur leistungsgerechten Rinderfütterung. Bayer. Landw. Jahrbuch (1987) H. 4, S. 449-459.
- [98] *Rossing, W., P. Ploegheart*: Automatic cow identification, recording milk-yield and feeding concentrate. Research report 75-5 IMAG, Wageningen, 1975.
- [99] *Artmann, R.*: Erkennungssysteme für Rinder – Stand und Entwicklungstendenzen. Landtechnik 39 (1984), S. 166-171.

- [100] ● *Scholtysik, B.-J.*: Untersuchungen zur Genauigkeit von Volumen-Dosiereinrichtungen für Kraftfuttermittel. Forschungsbericht Agrartechnik MEG, Diss. 1982.
- [101] ● *Vogt, C.*: Technik im Milchviehstall – Melken, Entmisten, Füttern. Frankfurt: DLG-Verlag 1982.
- [102] *Pirkelmann, H.*: Managementsysteme – was sie können, was sie kosten. top agrar 15 (1986) H. 4, S. 24-28.
- [103] ● *Auernhammer, H., G. Wendl*: Experiences with data handling in micro computer based herd management systems. Proceedings of the third Symposium „Automation in Dairying“ IMAG S. 331-337. Wageningen, 1987.
- [104] ● *Auernhammer, H.*: Stand und Entwicklungstendenzen der Mikroelektronik in der Milchviehhaltung. Int. Computerkongreß. S. 91-107, Hannover, 1986.
- [105] *Artmann, R.*: Mikroelektronik für Überwachungs-, Regelungs- und Managementaufgaben. Landtechnik 41 (1986) H. 7/8, S. 318-322.
- [106] *Auernhammer, H., Pirkelmann, H., G. Wendl*: Prozeßsteuerung in der Tierhaltung – Erfahrungen mit der Milchmengenerfassung, Tiergewichtsermittlung und Bereitstellung von Managementdaten. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, H. 2, 1985.
- [107] *Schlünsen, D.*: Verbesserte Gesundheits- und Reproduktionsüberwachung in der Milchviehhaltung mit Hilfe rechnergestützter Managementsysteme. Landtechnik 39 (1984), S. 171-175.
- [108] ● *Schön, H., Artmann, R., D. Schlünsen*: Zukunftsorientierte Milchproduktion durch moderne Elektronik. Arbeiten der DLG, Bd. 181, 1984.
- [109] ● *Pirkelmann, H.*: Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Rinderhaltung. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1987) H. 2, S. 105-121.
- [110] ● *Wendl, G.*: Anforderungen an den Betriebscomputer in der landwirtschaftlichen Produktion. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1987) H. 2, S. 144-160.
- [111] ● *Auernhammer, H.*: Betriebsrechner und Prozeßrechner – der automatisierte Verbund ist das Ziel. Agrarinformatik, integrierte Systeme. Stuttgart: Eugen-Ulmer Verlag 1987.
- [112] *Pirkelmann, H.*: Tränkedosierautomaten für die Kälberhaltung. Der Tierzüchter 38 (1986) H. 2, S. 66-69.
- [113] *Schlichting, M.*: Tränkeverfahren in der Kälberhaltung rationalisieren. Landtechnik 40 (1985), S. 226-234.
- [114] *Pirkelmann, H., Stanzel, H., F. Wendling*: Automatisierte Versorgung und Kontrolle von Aufzucht- und Mastkälbern. Grundl. d. Landtechnik 35 (1985) H. 3, S. 89-95.
- [115] ● *Kirchner, M.*: Verhaltenskenndaten von Mastbullen in Vollspaltenbodenbuchten und Folgerungen für die Buchtengestaltung. Diss. TU München-Weihenstephan: 1987.
- [116] ● *Boxberger, J., M. Kirchner*: Flächenanspruch von Mastbullen in Vollspaltenbodenbuchten durch Verhaltensstudien. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1985. KTBL-Schrift 311.
- [117] ● *Haidn, B.*: Ermittlung von Maßen der Klauensohle bei Mastbullen zur Gestaltung tiergerechter Schlitzeiten von Spaltenböden. KTBL-Schrift 319 (1987), S. 107-119.
- [118] *Boxberger, J., Kempkens, K., M. Kirchner*: Loading of claws and the consequences for the design of slatted floor. Latest Developments in Livestock Housing, Trans. ASAE 30 (1987), S. 1-8.
- [119] ● *Auernhammer, H.*: Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der Bullenmast. KTBL-Schrift 203, 1976.
- [120] ● *Kirchner, M., J. Boxberger*: Gruppenweise Erfassung des Körpergewichtes von Mastbullen in Vollspaltenbodenbuchten. Prozeßsteuerung in der Tierhaltung, Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1988) H. 2, S. 65-74.
- [121] ● *Pirkelmann, H., H. Stanzel*: Kontinuierliche Erfassung des individuellen Körpergewichtes von Kälbern und Mastbullen. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1985) H. 2, S. 75-86.
- [122] ● *Pirkelmann, H., Wendl, G., K. Emberger*: Automatic Recording of Animal Performance for Computer Based Feeding. Proceedings of the Third Symposium „Automation in Dairying“ IMAG S. 78-86. Wageningen, 1987.

15. Technik in der Schweinehaltung

- [1] *Van den Weghe, H.*: Statusbericht Schweine. KTBL-ALB-Vortragstagung anlässlich der KTBL-Tage, KTBL-Arbeitspapier 115, Darmstadt: 1987.
- [2] –,-: Bauförderung Landwirtschaft: Baubriefe Landwirtschaft – Mastschweinehaltung, H. 30. Münster-Hiltrup: 1987.
- [3] *Beck, J.*: Genauigkeit vollautomatischer Flüssigfütterungsanlagen – Anmischvorgang. Deutsche Geflügelwirtschaft u. Schweineproduktion 38 (1986), S. 720-723.
- [4] *Bodmer, U., Auernhammer, H., J. Boxberger*: Arbeitszeit- und Kapitalbedarf für die Schweinefütterung. Forschungsbericht Weihenstephan: 1984.
- [5] *Boxberger, J.*: Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Schweinehaltung. Forschungsbericht Weihenstephan: 1987.
- [6] *Damm, Th.*: Praxisbeispiele Mastschweinehaltung. KTBL-ALB-Vortragstagung anlässlich der KTBL-Tage, KTBL-Arbeitspapier 115, Darmstadt: 1987.
- [7] *Eichhorn, H., R. Berberich*: Möglichkeiten der Prozeßregelung in der Schweinehaltung. Berichte aus der Forschung, Institut für Landtechnik, Gießen: 1986.
- [8] *Kuhlmann, F., Langenbruch, F., G. Simon*: Computereinsatz in der Mast. Schweinezucht und Schweinemast 7 (1984), S. 223-224.
- [9] ● *Lorenz, J.*: Moderne Abferkel- und Aufzuchtställe. Frankfurt: DLG-Verlag, 1985.
- [10] *Wolf, N., S. Schupp*: Nutzung der Stallabluftwärme mit dem Zweistufen-Kompakt-Wärmeüberträger. agrartechnik 37 (1987), S. 461-462.
- [11] *Jacobsen, L. D., Noyes, E., Pijoan, C., Boedikker, J. J., K. A. Janni*: Effects of below minimum ventilation rates on early weaned piglets. Paper American Society of Agriculture Engineers (USA) 1985.
- [12] *Roth, E.*: Praxisbeispiele Zuchtsauenhaltung. KTBL-ALB-Vortragstagung anlässlich der KTBL-Tage, KTBL-Arbeitspapier 115, Darmstadt: 1987.

- [13] Schwarz, H.-P.: Wachstumsangepaßte Nährstoffversorgung bei flüssig gefütterten Mastschweinen. VDI/MEG-Tagung der Fachgruppe Landtechnik, Braunschweig: 1987.
- [14] Bockisch, F.-J., Roeser, W., H.-P. Schwarz: Trinkwasseraufnahme bei Mastschweinen mit Flüssigfütterung. Berichte aus der Forschung, Institut für Landtechnik, Gießen: 1986.
- [15] Boxberger, J., Mittrach, G., G. Langenegger: Flüssigfütterungsanlagen für Schweine. Arbeitsblatt der ALB Bayern, Nr. 03.20.02, Grub: 1986.
- [16] –,: DLG-Pflichtenheft für die Schweinemast mit computergestützter Flüssigfütterung – Anforderungen an Computerprogramme. Nr. G 87. Frankfurt: DLG-Verlag, 1987.
- [17] Feulner, W., J. Boxberger: Technik der Flüssigfütterung von Mastschweinen und ökonomische Einordnung. Forschungsbericht Weißenstephan: 1986.
- [18] Gloor, P., Ch. Holzer-Dolf: Gallsauen einzeln oder in Gruppen? Schweizer Archiv für Tierheilkunde (FAT), Prüfstell für Stalleinrichtungen. Tänikon/Schweiz: 1986.
- [19] Heege, J., J. Beck: Entwicklungen und Probleme in der Fütterungstechnik. Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 38 (1986), S. 40-44.
- [20] Höges, J.: Untersuchungen zur Fütterung der Mastschweine. Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 38 (1986), S. 535-537.
- [21] Hoppenbrock, K.-H.: Berichte und Versuchsergebnisse – Schweinehaltung, Lehr- und Versuchsanstalt Haus Düsse. Bad Sassendorf-Ostinghausen: 1987.
- [22] Kuhlmann, F.: Möglichkeiten der Prozeßsteuerung in landwirtschaftlichen Betrieben aus betriebswirtschaftlicher Sicht. Schrift des Verbandes Deutscher Akademiker für Ernährung, Landwirtschaft und Landespflege, Kassel: 1987.
- [23] Fiedler, E.: Möglichkeiten der baulichen und technischen Anpassung in der Schweinehaltung. KTBL-ALB-Vortragstagung anläßlich der KTBL-Tage, KTBL-Arbeitspapier 115. Darmstadt: 1987.
- [24] Hammer, K., Süss, M., B. Mittrach: Ferkelaufzucht- und Vormalstbuchten. Arbeitsblatt der ALB Bayern, Nr. 03.09.03. Grub: 1987.
- [25] Hillendahl, W., H. Irps: Tierschutz und landwirtschaftliches Bauwesen. Landtechnik 40 (1985), S. 406-407.
- [26] Mittrach, B., Hammer, K., M. Süss: Ställe zur Ferkelerzeugung. Arbeitsblatt der ALB Bayern, Nr. 03.02.04. Grub: 1987.
- [27] Fritschen, R. D., A. J. Muehling: Space requirements for swine. Pork industry handbook. Cooperative Extension Service. West Lafayette, Ind. (USA): 1986.
- [28] Gartung, J., J.-G. Krentler: Gülle – Bautechnik und Investitionsbedarf. Landbauforschung Völkrode, Sonderheft Nr. 84. Braunschweig: 1987.
- [29] Jones, D. D., Driggers, L. B., K. A. Law: Numerical Formulas for computer solution of swine scheduling. ASAE-Paper 86-4066, Agroselekt Bd. 33, H. 7. St. Joseph/Mich.: 1987.
- [30] Seufert, H., M. Herdt: Möglichkeiten der Prozeßsteuerung im landwirtschaftlichen Betrieb aus landtechnischer Sicht. Schrift des Verbandes Deutscher Akademiker für Ernährung, Landwirtschaft und Landespflege, Kassel: 1987.
- [31] Süss, M., Mittrach, B., K. Hammer: Einzelhaltung tragender Sauen, Anbindestände. Arbeitsblatt der ALB Bayern, Nr. 03.04.08. Grub: 1987.

16. Energietechnik (alternative Energien)

- [1] ● –,: BML: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (versch. Jahrgänge). Hamburg: Verlag Parey.
- [2] ● Werschnitzki, U., Prothmann, G., C. Sergeois: Direkter Energieeinsatz im agrarischen Erzeugerbereich in der Bundesrepublik Deutschland. Energie und Agrarwirtschaft. KTBL-Schrift 320, 1987, S. 13-49.
- [3] Jahns, G., Möller, R., H. Speckmann: Fahrerinformation als Hilfsmittel der Orientierung beim Einsatz von Acker-schleppern. Grndl. d. Landtechnik 35 (1985) H. 6, S. 195-202.
- [4] Steinkampf, H., Jahns, G., G. Olfe: Possibilities to optimize tractor efficiency in soil cultivation. Paper Nr. 88.195, Intern. Conf. on Agric. Engineering, Paris: 2./5. März 1988.
- [5] Jahns, G., H. Speckmann: Ein Bordcomputerkonzept für Schlepper und angekoppelte Geräte zur Optimierung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse. Grndl. d. Landtechnik 35 (1985) H. 6, S. 47-54.
- [6] Schön, H., Olfe, G., G. Jahns: Bordcomputer im Traktor spart Energie und entlastet den Fahrer. dlz 36 (1985) H. 5, S. 724-728.
- [7] Sommer, G., Dambroth, M., M. Zach: Konservierende Bodenbearbeitung. Agrar-Übersicht 38 (1987) H. 12, S. 12-16.
- [8] Wieneke, F.: Stand und Entwicklung auf dem Gebiet der Grün- und Bodenheugewinnung. Halmguterntechnik. VDI-Kolloquium Landtechnik, 1985, H. 2, S. 13-20.
- [9] Schurig, M.: Trocknungsbeschleunigung mit Mähauflbereitern. Halmguterntechnik. VDI-Kolloquium Landtechnik, 1985, H. 2, S. 21-24.
- [10] Dervedde, W.: Vorwelken von Gras – Trocknungseigenschaften, Energieangebot, Bearbeitungsmaßnahmen. Halmguterntechnik. VDI-Kolloquium Landtechnik, 1985, H. 2, S. 25-29.
- [11] Mühlbauer, W., Hofacker, W., W. Mayer: Wärmerückgewinnung bei einem Körnerfrucht-Durchlauftrockner. Landtechnik 42 (1987) H. 6, S. 242-246.
- [12] Dervedde, W., H. Peters: Einsatz der Wärmepumpe zur Kühlung und Trocknung von Getreide. Tagungsberichte 2nd Intern. Conference on Energy and Agriculture, S. 320-329, Sirmione/Brescia: 1986.
- [13] Borchert, K.-G., Viedt, W., B. van T'Ooster: Luftdurchströmte Außenbauteile als Wärmeaustauscher. Landbauforschung Völkrode 35 (1985) H. 1, S. 20-36.
- [14] Batel, W., Graef, M., Mejer, G. J., Schoedder, F., G. Vellguth: Gasförmige Brenn- und Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – Herstellung und Verwendung. Grndl. d. Landtechnik 34 (1984) H. 5, S. 205-227.
- [15] Schulze-Lammers, P., M. Hellwig: Brennverhalten verschiedener pflanzlicher Brennstoffe. Landtechnik 41 (1986) H. 2, S. 81-87.
- [16] Brenndörfer, M.: Stroh- und Holzfeuerung aus heutiger Sicht. Landtechnik 41 (1986) H. 2, S. 88-90.

- [17] *Petersen, C. L.*: Vegetable oil as a diesel fuel: Status and research priorities. *Trans. ASAE* 29 (1986), S. 1413-1422.
- [18] *Schäfer, W.*: Rübsenöl-Dieselölmischung als Kraftstoff für Schlepper unter extremen klimatischen Bedingungen. *Landtechnik* 41 (1986) H. 11, S. 469-471.
- [19] *Dohne, E.*: Der Elsbett-Motor. *Landtechnik* 41 (1986) H. 11, S. 479.
- [20] *Von Rotenhan, F. W.*: 4000 km auf Achse und reines Pflanzenöl im Tank. *Landtechnik* 42 (1987) H. 1, S. 20.
- [21] *Vellguth, G.*: Methylester von Rapsöl als Kraftstoff für Schlepper im Praxiseinsatz. *Grundl. d. Landtechnik* 35 (1985) H. 5, S. 137-141.
- [22] *Batel, W., Graef, M., Mejer, G. J., Schoedder, F., G. Vellguth*: Äthanol aus nachwachsenden Rohstoffen als alternativer Kraftstoff für Fahrzeuge. *Grundl. d. Landtechnik* 31 (1981) H. 4, S. 125-137.
- [23] *Baader, W.*: Perspektiven der Biogastechnologie in der Bundesrepublik Deutschland. *Padinger, R.*: Biogas in der Landwirtschaft, S. 386-389. Institut für Umweltforschung, Graz: 1986.
- [24] *Baader, W., R. Kloss*: Systeme zur Biogaserzeugung aus Flüssigmist. *Müll und Abfall* 16 (1984) H. 6, S. 178-183.
- [25] ● *Paiz, W.*: Biogasanlagen in Europa – Ein Handbuch für die Praxis. Buchreihe „Neue Energien“. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1985.
- [26] *Wolf, E.*: Beitrag zur anaeroben Behandlung von Schweinegülle und organisch hochverschmutzten Abwässern aus der Tiermehlherstellung. Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, H. 67, Hannover: 1986.
- [27] *Dohne, E.*: Verwertung von Biogas – Was bleibt unter dem Strich? *Landtechnik* 41 (1986) H. 2, S. 76-80.
- [28] *Cielejewski, H.*: Einsatz von Wärmepumpen in der Landwirtschaft – eine Analyse. *Landtechnik* 41 (1986) H. 2, S. 72-73.
- [29] *Rude, M.*: Wie beeinflussen Wärmepumpen das Stallklima? *Landtechnik* 42 (1987) H. 9, S. 371-373.
- [30] *Wolf, N., S. Schupp*: Nutzung der Stallabluftwärme mit dem Zweistufen-Kompakt-Wärmeübertrager. *agrartechnik* 37 (1987) H. 10, S. 461-462.
- [31] *Kessel, W., P. Cremer*: Entwicklung und Nutzen von Luft/Luft-Wärmetauschern. *Landtechnik* 41 (1986) H. 2, S. 68-71.
- [32] *Schuchardt, F.*: Versuche zum Wärmeentzug aus Festmist. *Landbauforschung Völknerode* 33 (1983) H. 3, S. 169-178.
- [33] *Svoboda, I. F., M. R. Evans*: Heat from Aeration of Piggery Slurry. *Journal of Agr. Eng. Research* 38 (1987) H. 3, S. 183-192.
- [34] *Willer, H.*: Energieeinsatz in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland. *Landtechnik* 41 (1986) H. 2, S. 66.
- [35] *Schulz, H.*: Sonne, Wind und Erdwärme – als alternative Energiequellen attraktiv? *Landtechnik* 41 (1986) H. 2, S. 92-96.
- [36] *Willits, D. H., M. M. Peet*: Factors Affecting the Performance of Rockstorages as Solar Energy Collection/Storage Systems for Greenhouses. *Trans. ASAE* 30 (1987), S. 221-232.
- [37] *Wallner, I.*: Wunschenenergie Sonne. *Landtechnik* 42 (1987) H. 5, S. 202-205.
- [38] *Arinze, E. A., Schoenau, G. J., F. W. Bigsby*: Determination of Solar Energy Absorption and Thermal Radiative Properties of some Agricultural Products. *Trans. ASAE* 30 (1987), S. 259-264.
- [39] *Friedrichsen, W., Orth, H. W., D. Wilkens*: Energiebilanzen an der als Sonnenkollektor genutzten Oberfläche eines Biogasreaktors – eine theoretische Studie. *Grundl. d. Landtechnik* 37 (1987) H. 3, S. 82-84.
- [40] *Boulard, T., A. Baille*: Analysis of Thermal Performance of a Greenhouse as a Solar Collector. *Energy in Agriculture* 6 (1987), S. 17-26.
- [41] *Siebenmorgen, T. J., Dale, A. C., H. W. Jones*: Trombe Wall Solar Heating System Augmented with Planar Reflectors. *Trans. ASAE* 29 (1986), S. 1332-1337.
- [42] *Lau, A. K., L. M. Staley*: A Design Procedure for an Air-type Solar Heating System for Greenhouses. *Energy in Agriculture* 6 (1987), S. 95-119.
- [43] *Swieczkowski, K., Stengler, K.-H., Trogisch, A., H. Lippold*: Einsatz von Sonnenenergie in Heubelüftungsanlagen. *agrartechnik* 36 (1986) H. 2, S. 87-93.
- [44] *Elsäßer, M.*: Solarkollektoren für die Heutrocknung. *DLG-Mitteilungen* 102 (1987), S. 414-416.
- [45] *Braud, H. J.*: Earth-coupled Heat Pumps for Space Heat/cool and Hot Water. *ASAE-Paper No. 83-3082* (1983).
- [46] *Klimkowski, H., Braud, H. J., F. E. Baker*: Performance of a Horizontal Earth Heat Exchanger with a Water-Source Heat Pump. *ASAE-Paper No. 85-4054* (1985).
- [47] *Holzapfel, K.-O., C. Brendel*: Informationspaket Heizen mit Wärmepumpen. BINE Bürger-Information Neue Energietechniken. Fachinformationszentrum Energie – Physik – Mathematik GmbH, S. 47-50, Karlsruhe: 1984.
- [48] ● *Stingl, W.*: Erdspeicher zur Klimatisierung von Schweineställen. *KTBL-Schrift* 302, 1985.
- [49] *Tiedemann, H.*: Erdwärmetauscher für Schweineställe. *RKL-Schrift 6.1.0, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft*, Kiel: 1987.

17. Agrartechnik in den Tropen und Subtropen

- [1] *Zaske, J.*: Können wir mit der modernen Agrartechnik den Hunger in der dritten Welt bezwingen? – Technische und organisatorische Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Mechanisierung. *Entwicklung und ländlicher Raum* 19 (1985) H. 5, S. 15-19.
- [2] *Wieneke, F.*: Können wir mit der modernen Agrartechnik den Hunger in der dritten Welt besiegen? – Aus agrartechnischer Sicht. *Entwicklung und ländlicher Raum* 19 (1985) H. 5, S. 6-10.
- [3] *Pingali, P. L., Bigot, Y., H. P. Binswanger*: Agricultural Mechanization and the Evolution of Farming Systems in the Sub Saharan Africa. *World Bank* 1985.
- [4] –,: FAO: Toward 2000, C. 79/24; FAO, Agriculture; Rom: 1979, zitiert nach Gifford [5].
- [5] *Gifford, R. C.*: Agricultural Mechanization in Development. *FAO Agricultural Services Bulletin* 45, Rom: 1984.

- [6] Moens, A., A. A. Wanders: Planning the Demand for Agricultural Machinery. Development of the Agricultural Machinery Industry in Developing Countries, Proceedings of the 2nd International Conference, Amsterdam.
- [7] Mai, D.: Können wir mit der modernen Landtechnik den Hunger in der dritten Welt bezwingen? Aus soziokultureller Sicht. Entwicklung und ländlicher Raum 19 (1985) H. 5, S. 11-14.
- [8] Gego, A.: Problems of agricultural mechanization in developing countries. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America 17 (1986) H. 1, S. 11-21.
- [9] Hecht, H., R. Holtkamp: Catalogue, Tractors 10-35 hp. GTZ, Eschborn, 1988.
- [10] –,: A very basic tractor. Royal Show Report. Farm Equipment International 8 (1987) H. 4, S. 1.
- [11] Khan, H., Murray-Rust, D. H., S. I. Bhuiyan: What developing countries need from today's engineers. Agric. Engineering 68 (1987) H. 1, S. 14-16.
- [12] Bundschu, I.: Gesteigerte Reisproduktion durch angepasste Technologie – Das Caplak auf Bali. Entwicklung und ländlicher Raum 21 (1987) H. 4, S. 23-24.
- [13] Bani, R. J.: Mechanization of sugarcane farming at Komenda/Ghana. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America 18 (1987) H. 2, S. 69-70.
- [14] Wijewardene, R.: Crop Production Technologies in Selected Farming Systems. International Conference of June 1980 on the Mechanization of Tropical Agriculture.
- [15] Endlicher, W.: Möglichkeiten ressourcenschonender Landnutzung – Die Winterregen-Subtropen Chiles. Entwicklung und ländlicher Raum 20 (1986) H. 4, S. 14-18.
- [16] Lal, H.: Flat and broad-bed-and-furrow systems of cultivation. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America 18 (1987) H. 1, S. 27-32.
- [17] Muhtar, H. A.: Performance of cimmyt's no till planter in developing countries. ASAE-Paper 86-5011, 1986.
- [18] Adekoya, L. O., W. F. Buchele: A precision punch planter for use in tilled and untilled soils. Journal of Agr. Eng. Research 37 (1987), S. 171-178.
- [19] Khalid, M.: Design of FMI sugar cane planter. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America 18 (1987) H. 2, S. 67-68.
- [20] Savant, N. K.: An appropriate device for efficient use of urea by small rice farmers. Appropriate Technology 14 (1987) H. 1, S. 22-24.
- [21] Caspers, L.: Ernte von Sonderfrüchten mit dem Mäh-drescher. VDI/MEG, Internationale Tagung Landtechnik, Braunschweig 1987.
- [22] –,: NIAE: Whole crop harvester for Pakistan, NIAE 1987.
- [23] Friedrich, Th.: Verbesserte Linsenernteverfahren in Syrien erprobt. Landtechnik 42 (1987) H. 2, S. 54-56.
- [24] Summer, H. R., Monroe, G. E., R. E. Hellwig: Puller for Cotton Plant Stubble. Energy in Agriculture 6 (1987), S. 153-165.
- [25] Srivastava, A. C., R. D. Singh: Sugarcane Trash Management in India. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America 18 (1987) H. 1, S. 72-74.
- [26] Pandey, M. M., R. S. Devnani: Analytical Determination of an Optimum Mechanical Harvesting Pattern for High Field Efficiency and Low Cost of Operation. Journal of Agr. Eng. Research 36 (1987), S. 261-274.
- [27] –,: GATE: Modul-Reihe. GTZ, Eschborn.
- [28] Mühlbauer, W.: Present Status of Solar Crop Drying: Energy in Agriculture 5 (1986), S. 121-137.
- [29] Lutz, K., Mühlbauer, W., Müller, J., G. Reisinger: Development of a Multi-Purpose Solar Crop Dryer for Arid Zones. Solar & Wind Technology 4 (1987) H. 4, S. 417-424.
- [30] –,: DSE: Jahresbericht 1985.
- [31] Zaske, J.: Agrartechnische Forschung für Entwicklungsländer. Landtechnik 43 (1987) H. 5, S. 205-206.
- [32] –,: DLG: Agricultural Mechanization in Developing Countries – Education and Training of Farmers, Advisors and Workshop Personal. Internationales DLG-Symposium 1986.
- [33] –,: DLG, Nord-Süd Zusammenarbeit zwischen Landmaschinen-Herstellern. Internationales DLG-Symposium, Frankfurt 1987.

18. Kommunaltechnik

- [1] Paolim, K.: Entwicklung und Trends auf der areal '87. Landtechnik 42 (1987) H. 12, S. 502-503.
- [2] Paolim, K.: Geräte und Maschinen zur Landschaftspflege. Landtechnik 41 (1986) H. 12, S. 519-522.
- [3] Müller, F.: Maschineneinsatz auf Langschnittflächen. Neue Landschaft 29 (1984) H. 6, S. 454-458.
- [4] Patschke-Ballerstaedt, D.: Mähwerke für die Halmfütterernte und die Landschaftspflege. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 0209-1984.
- [5] Kraus, R.: Pflege von Rasen- und Parkflächen. Herausgeber: Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL), Nov. 1983.
- [6] Lange, U.: Erfahrungen mit Maschinen zur „naturnahen Pflege“ im öffentlichen Grün. Neue Landschaft 27 (1982) H. 6, S. 405-411.
- [7] ● Scheufler, B.: Ein Beitrag zur Auslegung von Mähwerken mit Sichelmessern. Dissertation Institut für Landmaschinen, TU Braunschweig: 1984.
- [8] Kromer, K.-H.: Mechanische Landschaftspflege – Geräte und Verfahren. Landtechnik 29 (1974) H. 5, S. 196-202.
- [9] –,: Maschinen für Brachlandpflege. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e. V., Broschüre Nr. 92 (1982).
- [10] Mehnert, C.: Schlitten, eine Variante des Aerifizierens. Neue Landschaft 30 (1985) H. 3, S. 188-190.
- [11] –,: Sommer- und Winterdienst im kommunalen Bereich. DLG-Merkblatt 214.
- [12] –,: Anlage und Pflege von Grünflächen. DLG-Merkblatt 197.
- [13] ● Müller, F.: Geräte und Maschinen im Garten- und Landschaftsbau, Teil 2. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey, 1973.

19. Landmaschinenprüfung

- [1] *v. Meyenburg, K.*: Prinzipien bei der Prüfung von Maschinen der Monokultur. Mitteilungen VIMPA 1910, S. 77.
- [2] *Fischer, G.*: Das Maschinenprüfungswesen der DLG und anderer Körperschaften. DLG-Mitteilungen 43 (1928), S. 397.
- [3] *Martiny, B.*: Die Landmaschinenprüfung, ihre Aufgaben und deren Erfüllung. Mitteilungen des Verbandes landwirtschaftlicher Maschinen-Prüfungsanstalten (VIMPA) 1931, S. 15.
- [4] *Martiny, B.*: Zur Neugestaltung des Landmaschinenprüfungswesens. Technik in der Landwirtschaft (TidL) 18 (1937), S. 2.
- [5] *Meyer, H.*: Landmaschinenprüfungen, Verfahren und Auswirkung. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (ZVDI) 93 (1951), S. 1015.
- [6] *Kiene, W.*: Ackerschlepper zwischen Prüfstand und Praxis. Arbeiten der DLG, Band 139, 1974.

20. Arbeitswissenschaft

- [1] *Bischoff, T.*: Labor in German Agriculture. Migrant Labor in Agriculture, An International Comparison Davis, California (1986), S. 89-112.
- [2] ● –,-: KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft, 13. Auflage. Münster-Hiltrup: KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, 1986.
- [3] *Jäger, P., W. Engel*: KTBL-Maschinendatenbank jetzt über Personalcomputer nutzbar. Landtechnik 42 (1987) H. 1, S. 38-39.
- [4] *Köbsell, H.*: Ein Beitrag zur Gewinnung differenzierter Plandatenkollektive für den Bereich der Feldarbeiten. XXII. internation. Kongreß der Landarbeitswissenschaft (CIOSTA/CIGR V), Stuttgart 1986, Dokumentation, S. 159-165.
- [5] *Augter, G.*: Wieviele Feldarbeitstage sind im Frühjahr verfügbar? Landtechnik 42 (1987) H. 2, S. 78.
- [6] *Frisch, J.*: Betriebliche Auswirkungen und Anpassungen bei Körperbehinderungen. KTBL-Schrift 317, Münster-Hiltrup: KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [7] *Auernhammer, H.*: Wie hoch ist die Arbeitsbelastung in der Landwirtschaft? Landtechnik 41 (1986) H. 12, S. 538.
- [8] *Rossmannith, J.*: Belastungsanalyseverfahren für Arbeiten in der Landwirtschaft – Ein methodischer Ansatz. Landtechnik 42 (1987) H. 12, S. 522.
- [9] *Hagerer, P., H. Köbsell*: Erste systemergonomische Untersuchungen einer Arbeitsplatzgestaltung beim Mährescher. Grundle. d. Landtechnik 36 (1986) H. 3, S. 87-93.
- [10] *Köbsell, H.*: Informationsverarbeitung bei der Maschinenbedienung. Landtechnik 41 (1986) H. 11, S. 493-495.
- [11] *Dupuis, H.*: Zur Wirkung mechanischer Schwingungen beim Umgang mit vibrierenden Handgeräten. Landtechnik 41 (1986) H. 3, S. 150.
- [12] *Hammer, W., Thae, G., P. Kemeny*: Multivariate Analysen zur Beschreibung von Zusammenhängen zwischen Unfallbedingungen und Unfallfolgen, dargestellt am Beispiel von Leiterunfällen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 40 (1986) H. 1, S. 7-12.
- [13] *Ihle, W., Hammer, W., U. Schmalz*: Aufzeichnungen von Arbeitsbewegungen mit einem Tastsensor- und einem Videogerät. Grundle. d. Landtechnik 37 (1987) H. 1, S. 12-16.
- [14] *Schmalz, U., Hadlak, M., Krone, W., Beutnagel, H., W. Hammer*: Soll-Ist-Vergleich über ergonomisch günstige und sichere Zugänge an Ackerschleppern. Vortrag zur VDI-Tagung „Landtechnik“, Braunschweig: 22./23. 10. 1987.
- [15] *Groh, G.*: Das Unfallgeschehen in der Rindviehhaltung und Ableitung baulich-technischer Unfallverhütungsmaßnahmen. Landbauforschung Völkenrode 37 (1987) Sonderheft 85.
- [16] *Groh, G.*: Katalog von baulich-technischen Mindestanforderungen zur Verbesserung in Gebäudesystemen der Mastrinderhaltung in den EG-Staaten. Arbeitsbericht aus dem Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Nr. 55, Braunschweig (1987).
- [17] *Witte, E., Müller, R., G. Vellguth*: Zur Standsicherheit von Landwirtschaftlichen Kippanhängern. Landtechnik 39 (1984) H. 1, S. 44-47.
- [18] *Heege, H. J.*: Arbeitsorganisation bei der Futterernte mit dem Feldhäckster. VDI-Kolloquium Landtechnik, H. 2, Halmgut-Erntetechnik. Tagung Weihenstephan: 15./16. April 1985, S. 77-80.
- [19] ● –,-: KTBL: Haltungssysteme Milchvieh. KTBL-Schrift 315. Münster-Hiltrup: KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, 1987.
- [20] *Auernhammer, H.*: Kapitalbedarf, Arbeitszeitbedarf und Kosten für Systeme der Milchviehhaltung im Vergleich. Bayerisches Landw. Jahrbuch 64 (1987) H. 4, S. 495-512.
- [21] *Auernhammer, H.*: Weidegang mit Stallmelken oder Sommerstallfütterung? DLG-Merkblatt 256. DLG-Fachbereich Landtechnik, Frankfurt (1987).

